

МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭНЕРГЕТИКА
MECHANIZATION AND POWER ENGINEERING

УДК 633.12:631.531.027.2:631.86:631.331.922
<https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-3-357-365>

Поступила в редакцию 22.03.2018
Received 22.03.2018

В. Р. Петровец, Д. А. Михеев

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Беларусь

**РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДРАЖИРОВАННЫХ СЕМЯН ГРЕЧИХИ
ОРГАНИЧЕСКИМИ УДОБРЕНИЯМИ НА ОСНОВЕ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ
С ОБОСНОВАНИЕМ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ЦЕНТРОБЕЖНОГО ДРАЖИРАТОРА С ЛОПАСТНЫМ ОТРАЖАТЕЛЕМ**

Аннотация: Получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур возможно только при использовании для посева семян с высокими сортовыми и посевными качествами. Предпосевная обработка семян не только улучшает их всхожесть, обеспечивает защиту от возбудителей и болезней, но и значительно повышает их жизнеспособность и появление дружных всходов. Одним из перспективных способов предпосевной обработки мелких и имеющих неправильную форму семян является дражирование. При его применении семена увеличиваются в размере, приобретают шаровидную форму, что значительно упрощает их высев и позволяет точно соблюсти норму высева. В статье предложена конструкция центробежного дражиратора с лопастным отражателем, приведены результаты исследований процесса дражирования семян гречихи, на основании которых определены его оптимальные конструктивно-технологические параметры при использовании в качестве материала для дражирования органических удобрений на основе гуминовых кислот. Определены факторы, оказывающие существенное влияние на процесс дражирования семян в центробежном дражираторе с лопастным отражателем, обоснован выбор целевой функции и критерия оптимизации выполняемого процесса. В результате регрессионного анализа полученных результатов экспериментальных исследований была получена зависимость, описывающая процесс дражирования семян в дражираторе. Полученные результаты могут быть использованы в отрасли растениеводства сельскохозяйственного производства при предпосевной обработке мелкосеменных культур и сельскохозяйственного машиностроения при разработке центробежных дражираторов с лопастными отражателями.

Ключевые слова: дражирование семян, дражиратор, лопастный отражатель, камера смешивания, поток семян, органические удобрения, гуминовые кислоты, семенное драже, посевные качества, семена, гречиха, мелкосеменные культуры, норма высева семян, точный посев, предпосевная обработка

Для цитирования: Петровец, В. Р. Результаты полевых исследований дражированных семян гречихи органическими удобрениями на основе гуминовых кислот с обоснованием конструктивно-технологических параметров центробежного дражиратора с лопастным отражателем / В. Р. Петровец, Д. А. Михеев // Вест. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2018. – Т. 56, №3. – С. 357–365. <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-3-357-365>

V. R. Petrovets, D. A. Mikheev

The Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Belarus

**RESULTS OF FIELD RESEARCHES OF PELLETED BUCKWHEAT SEEDS WITH ORGANIC FERTILIZERS
BASED ON HUMIC ACIDS WITH SUBSTANTIATION OF CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL
PARAMETERS OF CENTRIFUGAL PELLETER WITH BLADE REFLECTOR**

Abstract: One can obtain high yields of crops only when seeds with high varietal and sowing qualities are used for sowing. Various methods of presowing processing are used to improve the seed quality. Presowing seed treatment not only improves germination, but also eliminates seeds from pathogens, significantly increases their viability and improves young

crops yield. One of the most promising ways of presowing treatment of small and irregular shape seeds is pelleting. This method helps to increase the seeds size and acquire a spherical shape, which greatly simplifies their sowing and allows to accurately observe the seeding rate. The paper presents design of a centrifugal pelleter with blade reflector, the results of studying the process of buckwheat seeds pelleting, and its best design and technological parameters are determined based on those when organic fertilizers based on humic acids were used as material for pelleting. Factors significantly affecting seed pelleting in a centrifugal pelleter with blade reflector were determined, the choice of objective function and criterion for improving the process are substantiated. A dependence describing the process of seed pelleting in a pelleter was obtained as a result of the regression analysis of the obtained results of experimental studies. The obtained results can be used in the field of crop production in agricultural production during presowing treatment of small seed crops and agricultural engineering during development of centrifugal pelleters with blade reflectors.

Keywords: seed pelleting, pelleter, blade reflector, mixing chamber, seed flow, organic fertilizers, humic acids, seed pellets, sowing qualities, seeds, buckwheat, small seed crops, seed sowing rate, precise sowing, pre-sowing treatment

For citation: Petrovets V.R., Mikheev D.A. Results of field researches of pelleted buckwheat seeds with organic fertilizers based on humic acids with substantiation of constructive and technological parameters of centrifugal pelleter with blade reflector. *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series*, 2018, vol. 56, no 3, pp. 357–365 (in Russian). <https://doi.org/10.29235/1817-7204-2018-56-3-357-365>

Введение. Предпосевная обработка семян в современном ведении сельского хозяйства является неотъемлемой частью технологии возделывания сельскохозяйственных культур. Такие мероприятия, как очистка, сортировка, сушка, протравливание, а также ряд других уже сейчас широко используются в практике сельского хозяйства Республики Беларусь. Как правило, они направлены на сохранение посевных качеств семян и практически не влияют на дальнейшее стимулирование роста и развития растений. В этом отношении научный интерес представляют технологии предпосевного стимулирования семян биологическими препаратами и химическими веществами, обеспечивающими повышение их посевных качеств. К таким технологиям можно отнести технологию нанесения питательных веществ и удобрений на сами семена, т. е. дражирование семян.

Дражирование – прием предпосевной подготовки семян путем обволакивания их защитной питательной оболочкой. Этот способ предполагает увеличение размеров семени и придание им правильной формы. В состав оболочки входят питательные, стимулирующие рост и развитие, а также защитные вещества. Дражирование наиболее эффективно для мелких семян и семян, имеющих неправильную форму, поскольку после дражирования таких семян значительно упрощается их высев. К таким семенам можно отнести семена гречихи, поскольку они имеют трехгранную форму, что затрудняет их высев сеялками точного посева. После дражирования эти семена приобретают шаровидную форму одинакового размера [1–10]. Однако у дражирования есть один существенный недостаток – снижение всхожести растений из-за плохо растворимой оболочки семени. Плохо растворимая во влажной почве оболочка может существенно снижать всхожесть и погубить растение. Поэтому подбор компонентов для создания оболочки является очень важным этапом в производстве дражированных семян.

Для получения семенного драже используют различные методы. Наиболее широкое распространение на практике получил метод дражирования семян путем постепенного наслаивания оболочки [11]. Благодаря этому методу можно получить многослойную оболочку с различными по составу компонентами, а это несомненное преимущество по сравнению с другими способами. Метод дражирования семян наслаиванием является универсальным и наиболее подходящим для обработки семян, поскольку по данному методу можно обрабатывать семена различных размеров и формы, а получать готовое семенное драже правильной формы требуемого объема и массы. Также необходимо отметить, что стоимость оборудования для получения драже методом наслаивания меньше, чем стоимость оборудования, основанная на других методах [4, 5, 12].

Оборудование для создания оболочек на поверхности семян называется дражираторами. Дражираторы подразделяются: по принципу действия – на периодические и непрерывные; по способу смешивания – на гравитационные, со смешиванием в падающем потоке, механические, со смешиванием в кипящем слое, гравитационно-механические, пневматические и циркуляционные; по типу рабочих органов – на барабанные, лопастные, роторные, битерные, шнековые, вибрационные, планетарные; по расположению оси вращения основного рабочего органа – на горизонтальные, вертикальные и наклонные; по частоте вращения рабочих органов – на тихоходные

и быстроходные. Каждое исполнение имеет свои достоинства и недостатки, однако конструкция гравитационно-механического дражирователя семян периодического действия с использованием быстроходных рабочих органов является наиболее совершенной [4].

Цель настоящей работы – исследование процесса дражирования семян в экспериментальном дражирователе для определения его оптимальных конструктивно-технологических параметров, а также оценка эффективности применения в качестве материала для дражирования органических удобрений на основе гуминовых кислот.

Материалы и методы исследования. Для достижения поставленной цели в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии был разработан и изготовлен экспериментальный дражирователь периодического действия с диаметром корпуса камеры смешивания 0,515 м (выбор обусловлен из предположительной рабочей производительности дражирователя) и фиксированным диаметром дискового распылителя 0,2 м (параметр был зафиксирован на основании теоретических исследований [13, 14]), позволяющий проводить исследования по нанесению жидких и сухих химических (органических) компонентов на поверхность семян. Схема экспериментального дражирователя представлена на рис. 1. Отличительной особенностью конструкции экспериментального дражирователя от импортных аналогов является наличие внутри камеры смешивания лопастного отражателя потока семян. Новизна технических решений реализованных в конструкции дражирователя подтверждена полученными патентами Республики Беларусь¹. Лопастной отражатель позволяет сформировать в камере смешивания дражирователя «волновой поток» из семян для равномерного нанесения жидких и сухих компонентов. Равномерное нанесение компонентов на поверхность всех обрабатываемых семян позволяет сформировать качественную оболочку.

Для исследований процесса дражирования семян были выбраны семена гречихи. В качестве сухих компонентов для дражирования выступали органические удобрения на основе гуминовых кислот. Связующим жидким компонентом являлась вода.

После дражирования семена высевались на опытном поле. Опыты проводили на шести делянках по 30 м². На трех делянках были посеяны дражированные семена гречихи, на трех оставшихся – необработанные семена. Данное разбиение было проведено для сравнения показателей и объективной оценки эффективности применения органических удобрений.

Результаты и их обсуждение. Принцип работы экспериментального дражирователя (см. рис. 1) заключается в следующем.

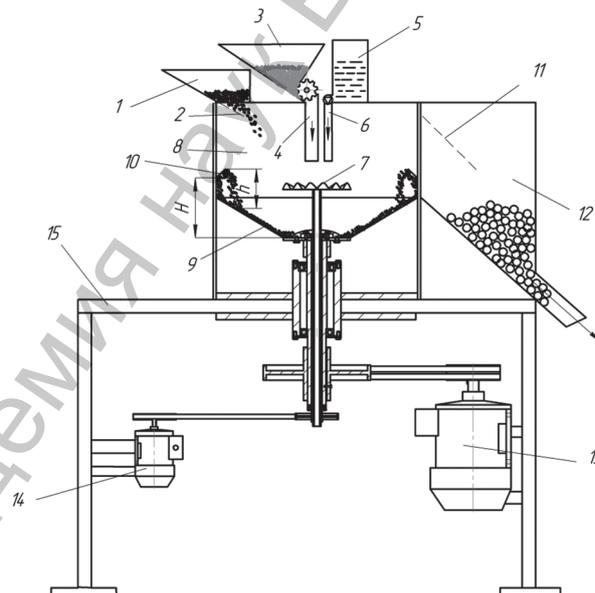


Рис. 1. Схема центробежного дражирователя семян с лопастным отражателем: 1 – загрузочный бункер для семян; 2 – впускная заслонка; 3 – бункер для порошкообразных препаратов защитного и стимулирующего действия; 4 – трубопровод порошкообразных препаратов; 5 – резервуар с жидкими компонентами; 6 – трубопровод подачи жидких компонентов; 7 – дисковый распылитель; 8 – камера смешивания; 9 – дно камеры смешивания; 10 – лопастной отражатель; 11 – выгрузная заслонка; 12 – выгрузной бункер; 13 – электродвигатель привода дна камеры смешивания; 14 – электродвигатель привода распылителя; 15 – рама

Fig. 1. Layout of centrifugal seed pelleting machine with a blade reflector: 1 – seed hopper; 2 – inlet damper; 3 – bunker for powdered preparations of protective and stimulating action; 4 – pipeline for powdered preparations; 5 – reservoir with liquid components; 6 – pipeline for liquid components supply; 7 – disc sprayer; 8 – mixing chamber; 9 – mixing chamber bottom; 10 – blade reflector; 11 – discharge damper; 12 – discharge hopper; 13 – electric motor of the mixing chamber bottom drive; 14 – sprayer drive electric motor; 15 – frame

¹ Устройство для дражирования семян : пат. ВУ 9732 / Д. А. Михеев, С. В. Курзенков, А. В. Червяков. – Оpubл. 30.12.2013 ; Устройство для дражирования семян : пат. ВУ 9949 / Д. А. Михеев, С. В. Курзенков, А. В. Червяков. – Оpubл. 28.02.2014.

Семена через впускную заслонку 2 попадают в камеру смешивания 8 и под действием вращающегося с угловой скоростью ω дна 9 перераспределяются, совершая спиралевидное движение вверх по цилиндрической поверхности корпуса камеры смешивания. За счет приданной семенам инерции они попадают на лопастной отражатель 10, двигаясь по поверхности которого отражаются вниз на подвижное дно 9. Падая, семена образуют по контуру камеры смешивания волнообразный поток высотой h , который в течение цикла τ_1 обрабатывается жидким химическим компонентом связующего действия. Для этого на дисковый распылитель 7, вращающийся с угловой скоростью $\omega_{\text{рас}}$ из резервуара 5 по патрубку 6 поступает жидкий химический компонент связующего действия. Посредством дискового распылителя 7 он разбивается на капли, и капельный поток пронизывает поток движущихся семян перпендикулярно его движению, обеспечивая равномерное нанесение жидкого компонента на семенной материал. В результате проведения цикла обработки в течение времени t_1 на поверхности каждого семени образуется тонкий слой жидкого компонента связующего действия.

Затем в течение времени t_2 начинается цикл ввода и смешивания порошкообразных препаратов защитного и стимулирующего действия с семенами. В это время из бункера 3 строго дозированная порция порошка защитного и стимулирующего действия попадает на дисковый распылитель 7, с которого равномерно перераспределяется в поток движущегося семенного материала. При активном совместном движении частичек порошкообразного компонента с семенами происходит налипание порошка на их поверхность. Постоянное соприкосновение в этом случае семян со стенками корпуса способствует распространению и уплотнению защитно-питательной оболочки на поверхности семян.

Циклы ввода жидкого компонента и порошкообразных препаратов повторяются до тех пор, пока семенное драже не приобретет нужный объем. После обработки семенного материала автоматически открывается выгрузная заслонка 11, и порция готового продукта через образовавшееся отверстие за счет центробежной силы поступает в бункер 12.

Для определения оптимальных конструктивно-технологических параметров экспериментального дражирователя учитывались проведенные теоретические исследования [15–20], которые позволили описать процесс дражирования семян внутри камеры смешивания. В дальнейшем на основании полученных данных были проведены однофакторные поисковые эксперименты, которые выявили факторы, оказывающие существенное влияние на процесс дражирования семян в предлагаемой установке, в также границы их изменения [21]. Данные факторы приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1. Границы варьирования факторного пространства эксперимента
T a b l e 1. Limits of experimental space factor variation

Фактор	Границы варьирования	
	(-1)	(+1)
Угловая скорость вращения днища камеры смешивания, $X_1(\omega)$, с^{-1}	15	30
Коэффициент загрузки камеры смешивания, $X_2(v)$	0,2	0,4
Количество лопастей в отражателе, $X_3(k_{\text{от}})$, шт.	6	12
Высота расположения лопастного отражателя, $X_4(H_{\text{от}})$, м	0	0,06
Время обработки семенного материала, $X_5(t_{\text{об}})$, с	400	800

В качестве результирующего фактора при анализе экспериментальных исследований использовали долю качественных семян в пробе $Y(D_{\text{кв}})$. Этот параметр является качественным показателем изучаемого процесса, так как характеризует отношение массы семян с качественной оболочкой к общей массе обрабатываемых семян. После определения границ варьирования основных факторов был реализован полнофакторный эксперимент.

В результате полученных данных и их регрессионного анализа была получена зависимость (1), описывающая процесс дражирования семян в дражирователе.

$$Y = -0,754 + 0,04428X_1 + 3,023X_2 + 0,1037X_3 + 1,2269X_4 - 0,053X_1X_4 + 0,00091X_3X_5 - 0,1324X_3X_4 + 0,00273X_4X_5 - 0,00077X_1^2 - 4,751X_2^2 - 0,004466X_3^2 - 0,00000044X_5^2. \quad (1)$$

Анализ этой зависимости проводили на основании статистических характеристик: коэффициентов множественной корреляции и детерминации, критериев Стьюдента и Фишера. Он показал, что при уровне значимости $\alpha = 0,05$ и числах степеней свободы $df_1 = 12$ и $df_2 = 29$ включенные в модель факторы и их взаимодействия являются значимыми, хорошо объясняют изменения параметра оптимизации и образуют сильные связи. Сравнение расчетного критерия Фишера с табличным позволило сделать вывод, что полученный высокий показатель коэффициента детерминации ($R^2 = 0,989$) является не случайным. Это означает, что полученная математическая модель адекватно описывает зависимость доли качественных семян в пробе от изменения рассматриваемого факторного пространства и может быть использована для моделирования процесса дражирования в установках предлагаемого типа. Погрешность вычислений при реализации данной модели в выбранном диапазоне варьирования факторов не превысила 5 %.

Нахождение оптимальных параметров изучаемого процесса сводили к решению задачи математического программирования:

- с целевой функцией

$$D_{\text{кв}} = -0,754 + 0,04428\omega + 3,023\nu + 0,1037k_{\text{от}} + 1,2269H_{\text{от}} - 0,053\omega H_{\text{от}} + 0,00091\nu t_{\text{об}} - 0,1324k_{\text{от}} H_{\text{от}} + 0,00273H_{\text{от}} t_{\text{об}} - 0,00077\omega^2 - 4,751\nu^2 - 0,004466k_{\text{от}}^2 - 0,00000044t_{\text{об}}^2 \rightarrow \max; \quad (2)$$

- ограничениями по уточненным границам варьирования факторов

$$\begin{cases} 22,5 \leq \omega \leq 30; \\ 0,3 \leq \nu \leq 0,4; \\ 9 \leq k_{\text{от}} \leq 12, k_{\text{от}} = \text{целое}; \\ 0,03 \leq H_{\text{от}} \leq 0,06; \\ 400 \leq t_{\text{об}} \leq 600, t_{\text{об}} = \text{целое}. \end{cases} \quad (3)$$

В результате расчетов было установлено, что дражирование семян в центробежном дражираторе с лопастным отражателем предлагаемого типа производится в оптимальном режиме при $\omega = 27,59 \text{ с}^{-1}$, $\nu = 36 \%$, $k_{\text{от}} = 12$ шт., $H_{\text{от}} = 0,03 \text{ м}$, $t_{\text{об}} = 472 \text{ с}$.

После определения оптимальных параметров экспериментального дражиратора было произведено дражирование семян гречихи органическими удобрениями на основе гуминовых кислот. Использование в качестве материала для дражирования органических удобрений на основе гуминовых кислот является весьма перспективным и инновационным приемом.

В ходе экспериментов было установлено, что сухие органические удобрения хорошо прилипают к смоченной водой поверхности семян и после сушки хорошо на ней удерживаются, обла-



Рис. 2. Семена гречихи, дражированные органическими удобрениями
Fig. 2. Drained buckwheat seeds with organic fertilizers

дая достаточной прочностью, чтобы посеять дражированные семена механизированным способом с неповрежденной оболочкой.

На рис. 2. изображены дражированные органическими удобрениями семена гречихи.

После дражирования семена высевали на опытном поле в ГСХУ «Горецкая сортоиспытательная станция» Горецкого района Могилевской области Республики Беларусь для оценки их посевных показателей. Результаты полевых испытаний дражированных семян гречихи представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2. Показатели семян гречихи, обработанных и не обработанных органическими удобрениями

Table 2. Indicators of buckwheat seeds treated and not treated with organic fertilizers

Вариант опыта	Высота всходов, м	Всхожесть, %	Урожайность, ц/га
<i>Обработанные семена гречихи</i>			
Делянка №1	121	93,8	22,6
Делянка №2	120	94,4	22,5
Делянка №3	122	95,0	22,7
Среднее значение	121	94,4	22,6
<i>Необработанные семена гречихи</i>			
Делянка №1	116	93,9	22,1
Делянка №2	117	94,2	22,2
Делянка №3	118	94,5	22,3
Среднее значение	117	94,2	22,2

Проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод, что применение органических удобрений на основе гуминовых кислот в качестве материала для дражирования семян оказывает положительный эффект на увеличение высоты всходов и урожайности.

На каждой делянке из трех выбранных с обработанными семенами прослеживается четкое увеличение высоты всходов и урожайности по сравнению с контрольными делянками. Высота всходов растений выше в среднем на 4 мм (3,3 %), урожайность – на 0,4 ц/га (1,8 %), при этом оболочка из органических удобрений на семенах не препятствовала прорастанию растений. Это говорит о том, что она легко растворилась в почве.

Заключение. В результате реализации программы планирования экспериментальных исследований получена адекватная математическая модель, описывающая изменение доли качественных семян в пробе от исследуемых конструктивных и технологических параметров процесса дражирования для оборудования предлагаемого типа. Установлено, что рациональные границы исследуемых параметров варьируют в следующих пределах: угловая скорость вращения дна камеры смешивания ω – 22,5–30 с⁻¹; коэффициент загрузки камеры смешивания ν – 30–40 %; количество лопастей отражателя $k_{от}$ – 9–12 шт.; высота расположения лопастного отражателя $H_{от}$ – 0,03–0,06 м и время обработки семенного материала $t_{об}$ – 400–600 с. Дражирование семян в экспериментальном дражираторе производится в оптимальном режиме при $\omega = 27,59$ с⁻¹, $\nu = 36$ %, $k_{от} = 12$, $H_{от} = 0,03$ м, $t_{об} = 472$ с.

Дражирование семян является одним из способов улучшения посевных качеств семян. Дражирование наиболее эффективно для мелких семян и семян, имеющих неправильную форму. У дражирования есть существенный недостаток – снижение всхожести растений, из-за оболочки на поверхности семени. Однако использование в качестве материала для дражирования семян органических удобрений на основе гуминовых кислот не оказывает негативного влияния на всхожесть и прорастание растений. Кроме этого, органические удобрения оказывают положительное действие на увеличение урожайности растений.

Полученные результаты могут служить для анализа и моделирования качественной оценки процесса дражирования в установках предлагаемого типа.

Список использованных источников

1. *Михеев, Д. А.* Дражирование как перспективный метод предпосевной обработки семян / Д. А. Михеев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 10–11 окт. 2012 г. : в 3 т. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва ; ред.: П. П. Казакевич, О. О. Дударев. – Минск, 2012. – Т. 2. – С. 261–264.
2. *Михеев, Д. А.* Перспективы предпосевной обработки семян / Д. А. Михеев // Молодежь и инновации – 2013 : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Горки, 29–31 мая 2013 г. : в 4 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: А. П. Курдеко [и др.]. – Горки, 2013. – Ч. 2. – С. 16–18.
3. *Червяков, А. В.* Повышение посевных качеств семенного материала методом дражирования / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 19–20 окт. 2010 г. : в 2 т. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва ; ред.: П. П. Казакевич, О. О. Дударев. – Минск, 2010. – Т. 1. – С. 70–74.
4. *Курзенков, С. В.* Прогрессивные технологии и оборудование для дражирования семян / С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 21–22 окт. 2015 г. : в 2 т. / Науч.-практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по механизации сел. хоз-ва ; ред.: П. П. Казакевич, С. Н. Поникарчик. – Минск, 2015. – Т. 2. – С. 123–129.
5. *Михеев, Д. А.* Дражирование семян сахарной свеклы центробежным дражиратором с лопастным отражателем / Д. А. Михеев. – Горки : БГСХА, 2017. – 179 с.
6. *Мухин, В. Д.* Дражирование семян сельскохозяйственных культур / В. Д. Мухин. – М. : Колос, 1971. – 95 с.
7. *Мухин, В. Д.* Подготовка семян овощных культур к посеву / В. Д. Мухин. – М. : Моск. рабочий, 1979. – 119 с.
8. *Яковлев, И. Г.* Механизация изготовления и посева дражированных семян сельскохозяйственных культур / И. Г. Яковлев. – Фрунзе : Кыргызстан, 1971. – 74 с.
9. Sugar beet / ed. A. P. Draycott. – Oxford ; Ames, Iowa : Blackwell Publ., 2006. – 474 p. <https://doi.org/10.1002/9780470751114>
10. *Epperlein, K.* Effects of pelleting sugarbeet seed with Gaucho® (imidacloprid) on associated fauna in the agricultural ecosystem / K. Epperlein, H. W. Schmidt // Pflanzenschutz Nachrichten Bayer. – 2001. – Vol. 54, N 3. – P. 369–398.
11. *Михеев, Д. А.* Способы дражирования семян / Д. А. Михеев // Молодежь и инновации – 2013 : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Горки, 29–31 мая 2013 г. : в 4 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; редкол.: А. П. Курдеко [и др.]. – Горки, 2013. – Ч. 2. – С. 19–21.
12. *Червяков, А. В.* Обоснование интервалов варьирования факторов при дражировании семян сахарной свеклы в центробежном дражираторе с использованием лопастного отражателя / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2015. – №4. – С. 136–141.
13. *Червяков, А. В.* Динамика движения капли связующей жидкости при ее отрыве с дискового распылителя в камере смешивания дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2013. – № 1. – С. 120–124.
14. *Михеев, Д. А.* Исследования нанесения жидких компонентов на поверхность семян с помощью дискового распылителя в камере смешивания дражиратора / Д. А. Михеев // Молодежь и инновации – 2015 : материалы Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, Горки, 27–29 мая 2015 г. : в 2 ч. / Белорус. гос. с.-х. акад.; ред.: П. А. Саскевич [и др.]. – Горки, 2016. – Ч. 2. – С. 242–244.
15. *Червяков, А. В.* Теоретические исследования движения материальной точки по поверхности камеры смешивания центробежного дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2011. – № 1. – С. 146–153.
16. *Червяков, А. В.* Исследование динамики движения семенного материала по вращающейся конической части камеры дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2012. – № 2. – С. 131–137.
17. *Червяков, А. В.* Динамика движения семенного материала по неподвижной цилиндрической части камеры дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2012. – № 4. – С. 123–128.
18. *Червяков, А. В.* Обоснование границ варьирования конусности и угловой скорости вращения днища камеры дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2014. – № 2. – С. 207–210.
19. *Червяков, А. В.* Обоснование границ варьирования параметров лопастного отражателя камеры смешивания центробежного дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2016. – № 3. – С. 130–133.
20. *Червяков, А. В.* Исследование движения семенного материала по лопасти отражателя центробежного дражиратора / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2016. – № 3. – С. 134–136.
21. *Червяков, А. В.* Результаты экспериментальных исследований процесса дражирования семян сахарной свеклы в центробежном дражираторе с использованием лопастного отражателя / А. В. Червяков, С. В. Курзенков, Д. А. Михеев // Вестн. Белорус. гос. с.-х. акад. – 2015. – № 4. – С. 146–150.

References

1. Mikheev D. A. Seed pelleting as a promising method of presowing treatment. *Nauchno-tekhnicheskii progress v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Minsk, 10–11 oktyabrya 2012 g.* [Scientific and technical progress in agricultural production: materials of the International scientific and technical conference, Minsk, October 10–11, 2012]. Minsk, 2012, vol. 2, pp. 261–264 (in Russian).
2. Mikheev D. A. Prospects of presowing seed treatment. *Molodezh' i innovatsii – 2013: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, Gorki, 29–31 maya 2013 g.* [Youth and Innovation 2013: materials of the International scientific and practical conference of young scientists, Gorki, May 29–31, 2013]. Gorki, 2013, pt. 2, pp. 16–18 (in Russian).
3. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Improvement of seed material quality by pelleting method. *Nauchno-tekhnicheskii progress v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Minsk, 19–20 oktyabrya 2010 g.* [Scientific and technical progress in agricultural production: materials of the International scientific and practical conference, Minsk, October 19–20, 2010]. Minsk, 2010, vol. 1, pp. 70–74 (in Russian).
4. Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Progressive technologies and equipment for seed pelleting. *Nauchno-tekhnicheskii progress v sel'skokhozyaistvennom proizvodstve: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Minsk, 21–22 oktyabrya 2015 g.* [Scientific and technical progress in agricultural production: materials of the International scientific and practical conference, Minsk, October 21–22, 2015]. Minsk, 2015, vol. 2, pp. 123–129 (in Russian).
5. Mikheev D. A. *Sugar beet seed pelleting with centrifugal machine with a paddle reflector.* Gorki, Belarusian State Agricultural Academy, 2017. 179 p. (in Russian).
6. Mukhin V. D. *Crop seed pelleting.* Moscow, Kolos Publ., 1971. 95 p. (in Russian).
7. Mukhin V. D. *Preparation of vegetable seeds for sowing.* Moscow, Moskovskii rabochii Publ., 1979. 119 p. (in Russian).
8. Yakovlev I. G. *Mechanization of production and sowing of pelleted seeds of agricultural crops.* Frunze, Kyrgyzstan Publ., 1971. 74 p. (in Russian).
9. Draycott A. P. (ed.). *Sugar beet.* Oxford, Ames, Iowa, Blackwell Publ., 2006. 474 p. <https://doi.org/10.1002/9780470751114>
10. Epperlein K., Schmidt H. W. Effects of pelleting sugar beet seed with Gaucho® (imidacloprid) on associated fauna in the agricultural ecosystem. *Pflanzenschutz Nachrichten Bayer*, 2001, vol. 54, no. 3, pp. 369–398.
11. Mikheev D. A. Methods of seed coating. *Molodezh' i innovatsii – 2013: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, Gorki, 29–31 maya 2013 g.* [Youth and Innovation 2013: materials of the International scientific and practical conference of young scientists, Gorki, May 29–31, 2013]. Gorki, 2013, pt. 2, pp. 19–21 (in Russian).
12. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Basing of intervals of factors variation during pelleting of sugar beet seeds in centrifugal granulator using a paddle reflector. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2015, no. 4, pp. 136–141 (in Russian).
13. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Dynamics of the movement of drop of absorbent liquid when it is separated from disk disperser installed in the mixing chamber of granulator. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2013, no. 1, pp. 120–124 (in Russian).
14. Mikheev D. A. Research on coating seeds with liquid components using a disk atomizer in a mixing chamber of a pelleting machine. *Molodezh' i innovatsii – 2015: materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, Gorki, 27–29 maya 2015 g.* [Youth and Innovation 2015: materials of the International scientific and practical conference of young scientists, Gorki, May 27–29, 2015]. Gorki, 2016, pt. 2, pp. 242–244 (in Russian).
15. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Theoretical studies of the movement of material point along the surface of a mixing chamber of a centrifugal granulator. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2011, no. 1, pp. 146–153 (in Russian).
16. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Investigation of the dynamics of the movement of seed material along the rotating conical part of a granulator chamber. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2012, no. 2, pp. 131–137 (in Russian).
17. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Dynamics of the movement of seed material along the stationary cylindrical case of a granulator chamber. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2012, no. 4, pp. 123–128 (in Russian).
18. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Substantiation of limits of varying of obliquity and angle velocity of rotation of the granulator chamber bottom. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2014, no. 2, pp. 207–210 (in Russian).
19. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Substantiation of limits of varying of parameters of paddle reflector of mixing chamber of centrifugal granulator. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2016, no. 3, pp. 130–133 (in Russian).
20. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Research into the movement of seed material along the blade of reflector of centrifugal granulator. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2016, no. 3, pp. 134–136 (in Russian).
21. Chervyakov A. V., Kurzenkov S. V., Mikheev D. A. Results of experimental research on sugar beet seed pelleting in a centrifugal granulator using a paddle reflector. *Vestnik Belorusskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Bulletin of the Belarussian State Agricultural Academy*, 2015, no. 4, pp. 146–150 (in Russian).

Информация об авторах

Петровец Владимир Романович – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой механизации растениеводства и практического обучения, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407 г. Горки, Могилевская область, Республика Беларусь). E-mail: petrovec_vr@mail.ru

Михеев Денис Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры технического сервиса и общинженерных дисциплин, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407 г. Горки, Могилевская область, Республика Беларусь).

Information about the authors

Petrovets Vladimir R. – D.Sc. (Engineering), Professor. The Belarusian State Agricultural Academy (5 Michurina Str., Gorki 213407, Mogilev Region, Republic of Belarus). E-mail: petrovec_vr@mail.ru

Mikheev Denis A. – Ph.D. (Engineering). The Belarusian State Agricultural Academy (5 Michurina Str., Gorki 213407, Mogilev Region, Republic of Belarus).

Нацыянальная акадэмія навук Беларусі