

МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ / MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.930-937>

УДК 631.354:631.361.4



Определение оптимальных конструктивно-технологических параметров работы клеверотерки-скарификатора КС-0,3П в режиме вытирания

© 2024. А. И. Бурков, А. Л. Глушков, В. А. Лазыкин ✉, В. Ю. Мокиев
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

Приведены конструктивные особенности устройства и процесса работы новой клеверотерки-скарификатора КС-0,3П при вытирании семян из пыжины клевера лугового. По сравнению с аналогом КС-0,2 новая клеверотерка имеет увеличенный диаметр барабана 0,45 м и деку 0,7 м, дополнительно снабжена пневмосепарирующим устройством, что способствует повышению производительности на 25...30 %. Цель исследования – изучение влияния частоты вращения барабана клеверотерки-скарификатора КС-0,3П и подачи исходного материала на качество вытирания семян, определение диапазона их оптимальных значений при обеспечении агротехнических требований. При проведении экспериментальных исследований исходным материалом служила пыжина клевера лугового, полученная после очистки от легких, крупных, мелких примесей и свободных от оболочек семян на воздушно-решетной семяочистительной машине. Качество работы клеверотерки-скарификатора оценивали двумя показателями – степенью вытирания и дроблением семян. Подачу пыжины изменяли в пределах от 0,3 до 0,5 т/ч. Частоту вращения барабана варьировали от 700 до 800 мин⁻¹. Опыты проводили в трехкратной повторности. Получены адекватные (с вероятностью $p = 0,95$) регрессионные модели степени вытирания и дробления семян, анализ которых позволил определить диапазоны оптимальной частоты вращения барабана 775...800 мин⁻¹ и подачи материала 0,48...0,50 т/ч, обеспечивающих заданные агротехнические показатели: степень вытирания не менее 95 %; дробление – не более 1,5 %.

Ключевые слова: пыжина, вытирание семян клевера, частота вращения барабана, подача материала

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № FNWE-2022-0002).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Бурков А. И., Глушков А. Л., Лазыкин В. А., Мокиев В. Ю. Определение оптимальных конструктивно-технологических параметров работы клеверотерки-скарификатора КС-0,3П в режиме вытирания. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2024;25(5):930-937. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.930-937>

Поступила: 14.02.2024

Принята к публикации: 09.10.2024

Опубликована онлайн: 30.10.2024

Determination of optimal design and technological parameters of the operation of the KS-0.3P clover grater and scarifier in the wiping mode

© 2024. Aleksandr I. Burkov, Andrei L. Glushkov, Victor A. Lazukin ✉, Valentin Yu. Mokiev

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The design features of the device and the process of operation of the new KS-0.3P clover grater and scarifier when wiping seeds from a bunch of meadow clover pad are provided in the article. Compared with the analogue KS-0.2, the new clover grater has an increased drum diameter of 0.45 m and a deck of 0.7 m and is additionally equipped with a pneumatic separation device, which contributes to an increase in productivity by 25...30 %. The purpose of the research is to study the effect of the drum rotation frequency of the KS-0.3P clover grater and scarifier and the feed of the starting material on the quality of seed wiping, to determine the range of their optimal values when agrotechnical requirements are met. During the experimental research the starting material was meadow clover wad obtained after having been cleaned of light, large, small impurities and seeds free from shells using an air sieve seed cleaning machine. The quality of the clover grater and scarifier was evaluated by two indicators - the degree of wiping and crushing of seeds. The supply of clover wad was regulated in the range from 0.3 to 0.5 t/h. The rotation frequency of the drum was changed from 700 to 800 min⁻¹. The experiments were carried out three times. Adequate (with probability $p = 0.95$) regression models of the degree of wiping and crushing of seeds were

obtained, the analysis of which let to determine the ranges of the optimal drum rotation speed of 775...800 min⁻¹ and material supply of 0.48...0.50 t/h, when the specified agrotechnical indicators were provided: the degree of wiping not less than 95 % and crushing not more than 1.5 %.

Keywords: clover wad, wiping of clover seeds, drum rotation speed, material supply

Acknowledgement: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. FNWE-2022-0002).

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Burkov A. I., Glushkov A. L., Lazukin V. A., Mokiev V. Yu. Determination of the optimal design and technological parameters of the operation of the KS-0.3P clover grater and scarifier in the wiping mode. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2024;25(5):930–937. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.930-937>

Received: 14.02.2024

Accepted for publication: 09.10.2024

Published online: 30.10.2024

Многолетние травы играют важную роль в сельском хозяйстве, предоставляя ценный источник питания для животных и способствуя сохранению почвенного плодородия [1, 2, 3]. Они используются в формировании кормовой базы для сельскохозяйственных животных, являясь основным компонентом в рационе крупного рогатого скота, который отличается высоким содержанием переваримого протеина [4]. Кроме того, имеют большое значение в предотвращении эрозии почвы как ветровой, так и водной, а также помогают сохранять питательные вещества в почве [5, 6]. Клевер луговой является одним из наиболее распространенных в Нечерноземной зоне, для успешного травосеяния которого необходимо производство качественных семян и в достаточном количестве [7].

В нашей стране и за рубежом существует производство клеверотерок различных типов, которые используются для получения семян многолетних трав. Некоторые из них, такие как МР-2, К-0,5¹, К-0,7², К-310³ и МВС-05.000⁴ получили широкое распространение. ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого» (ФАНЦ Северо-Востока) разработало несколько клеверотерок, предназначенных для обработки и очистки семян клевера. Среди этих моделей можно выделить КС-1,0, К-0,3А, КПЛ-100 и КС-0,2, каждая из которых обладает своей особой конструкцией и производительностью⁵. Одной из ключевых особенностей некоторых моделей клеверотерок является наличие пневмосепарирующих устройств.

Особенно эффективными являются клеверотерки с барабанным терочным устройством, оснащенным тангенциальной подачей семян. В ФАНЦ Северо-Востока в настоящее время проводятся исследования по модернизации клеверотерки-скарификатора КС-0,2. Новая клеверотерка К-0,3П имеет увеличенные размеры диаметра барабана до 0,45 м и длину деки до 0,7 м, что повышает производительность на 25...30 %. Дека снабжена скарифицирующими пластинами, позволяющими использовать новую клеверотерку на двух технологических операциях – вытирании семян бобовых трав и скарификации семян, имеющих твердую оболочку. Кроме того, для повышения эффективности очистки семян от легких примесей данная клеверотерка снабжена пневмосепарирующим устройством, включающим пневмосепарирующий канал (ПСК) [8], циклон и тканевый пылеуловитель.

Экспериментальными исследованиями [9] обоснованы основные конструктивные параметры пневмосепарирующего устройства при подаче исходного материала 300 кг/ч: угол наклона скатной доски – 45°, глубина ПСК – 0,09 м. При данных параметрах эффект очистки легких примесей составил 75,2 % при потерях семян в отходы согласно агротехническим требованиям (не более 2,0 %).

Разработка клеверотерки с ПСК, способной эффективно очищать вытертую пыжину от легких примесей, помогает улучшить чистоту семян и повысить эффективность процесса производства. Это важный шаг в обеспечении устойчивого развития сельского хозяйства и поддержании кормовой базы животноводства.

¹Клеверотерка К-0,5. Техника в сельском хозяйстве. 1978;(4):64–66.

²Клеверотерка К-0,7. Научно-практический центр национальной академии наук Белоруссии по механизации сельского хозяйства. [Электронный ресурс]. URL: <https://belagromech.by/news/kleveroterka-k-0-7/> (дата обращения: 25.04.2018).

³Инструкция по обслуживанию семятки для мелких семян трав К-310А. Германия, 1983. 28 с.

⁴Машина для вытирания из коробочек семян мелкосемянных культур МВС-05.000 "Воронежсельмаш". [Электронный ресурс]. URL: http://vselmash.ru/zo/newsite/fixe_cleaning_equipm.html (дата обращения: 25.04.2018).

⁵Рекомендации по применению новых высокоэффективных клеверотерок. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2016. 52 с.

Цель исследования – изучение влияния частоты вращения барабана новой клеверотерки-скарификатора КС-0,3П и подачи исходного материала на качество вытирания семян, определение диапазона их оптимальных значений для обеспечения эффективной работы машины.

Научная новизна – определены оптимальные значения подачи и частоты вращения

барабана клеверотерки, обеспечивающие требуемые показатели качества: степень вытирания не менее 95 %; дробление – не более 1,5 %.

Материал и методы. В ФАНЦ Северо-Востока проведены экспериментальные исследования опытного образца клеверотерки-скарификатора КС-0,3П (рис. 1).



Рис. 1. Клеверотерка-скарификатор КС-0,3П (общий вид) /

Fig. 1. Clover grater and scarifier KS-0.3P (general view)

Для оценки качества работы использовали два показателя: степень вытирания ε семян и дробление d семян, которые были определены согласно ГОСТ 12038-84⁶, ГОСТ 12036-85⁷ и новой разработанной методике⁸.

Для проведения исследований использована пыжина клевера сорта Кировский 159 с влажностью 12–14 %. Перед началом исследования пыжину предварительно очищали, из нее удаляли свободные семена и примеси. Дальнейшая обработка пыжины клевера производилась на клеверотерке-скарификаторе КС-0,3П. Исходный материал загружается в бункер 6 (рис. 2). Затем, с помощью ворошилки 7, гибкой вибросаслонки 8 и питающего валика 9 материал подается в загрузочную горловину 10, из которой попадает в рабочее пространство (молотильный зазор) между декой 12 и бара-

баном 11. При вращении барабана происходит вытирание семян, то есть извлечение их из оболочки. Обработанный материал, состоящий из вытертых семян, разрушенных семенников, тяжелых и легких примесей, а также пыли, выходит через выходной патрубок 4 и загрузочное окно 14 и поступает в вертикальный ПСК 15. В вертикальном ПСК материал очищается от разрушенных оболочек семян и пыли воздушным потоком, создаваемым вентилятором циклона 3. Очищенный материал направляется в приемник I, а легкие примеси осаждаются в циклоне. Воздушный поток с пылью из циклона движется по воздухоотводящему каналу в пылеулавливающее устройство 1, где пыль улавливается с помощью тканевого фильтра. Легкие примеси собираются в приемнике II, пыль – в приемнике III.

⁶ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Изд-во стандартов, 1991. 29 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023365>

⁷ГОСТ 12036-85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб. М.: Изд-во стандартов, 2011. 13 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023361>

⁸Бурков А. И., Симонов М. В., Машковцев М. Ф. Способ определения показателей качества работы клеверотерок: пат. № 2425483 Российская Федерация. № 2009134376/21: заявл. 14.09.2009; опубл. 10.08.2011, Бюл. № 22. 3 с. URL: https://new.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet

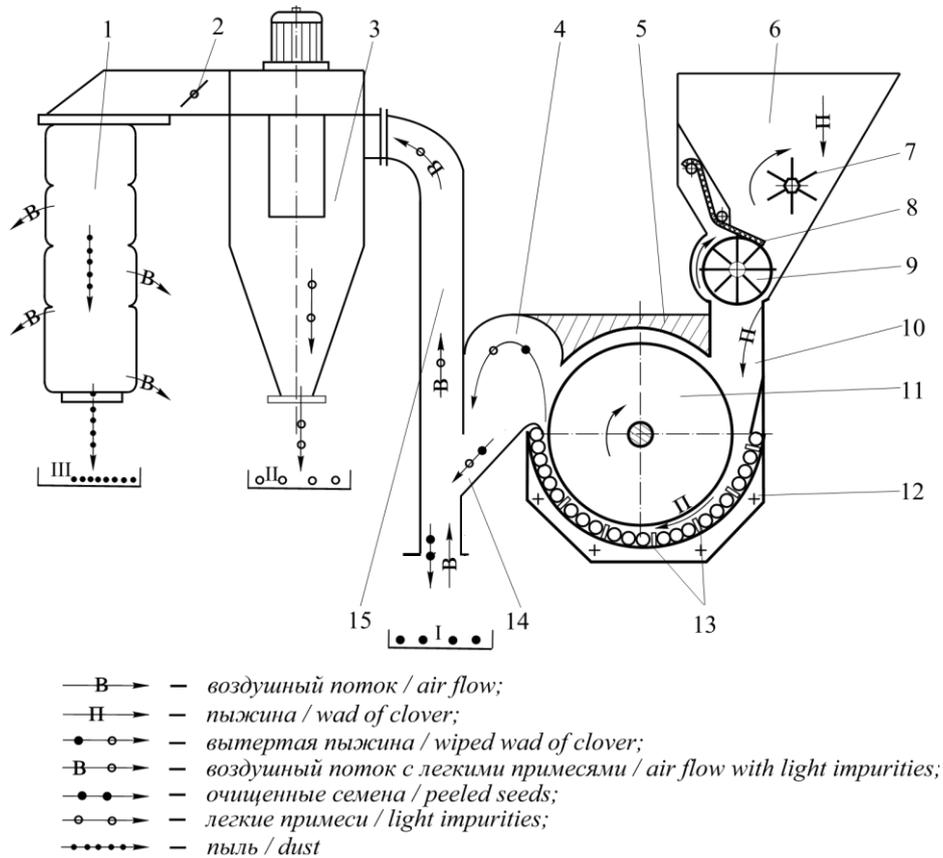


Рис. 2. Технологическая схема клеверотёрки-скарификатора КС-0,3П: 1 – пылеулавливающее устройство; 2 – дроссельная заслонка; 3 – циклон с электровентилятором; 4 – выходной патрубок; 5 – корпус; 6 – приемный бункер; 7 – ворошилка; 8 – гибкая вибросаслонка; 9 – лопастной питающий валик; 10 – загрузочная горловина; 11 – барабан со сплошной энтгранерной поверхностью; 12 – дека с овальной поверхностью; 13 – скарифицирующие пластины; 14 – загрузочное окно; 15 – вертикальный пневмосепарирующий канал; I, II, III – приемники соответственно обработанных семян, легких примесей и пыли /

Fig. 2. Technological scheme of the clover grater and scarifier KS-0.3P: 1 – dust collecting device; 2 – throttle valve; 3- cyclone with fan; 4 – outlet pipe; 5 – housing; 6 – receiving hopper; 7 – agitator; 8 – flexible vibration flap; 9 – feeding roller with plates; 10 – loading neck; 11 – drum with a continuous entgraner surface; 12 – deck with oval surface; 13 – scarifying plates; 14 – loading window; 15 – vertical pneumatic separation channel; I, II, III – receivers respectively of treated seeds, light impurities and dust

Оценивали работу по следующей методике. Устанавливали требуемую частоту вращения барабана 11, взвешивали и загружали материал в бункер, затем включали клеверотерку. Вибросаслонкой 8 настраивали подачу материала и производили замер времени рабочего процесса. При проведении опытов зазоры между барабаном и декой оставались одинаковыми – на входе 6 мм, на выходе – 3 мм.

Степень вытирания ε и дробление d семян определяли согласно методике, схема которой представлена на рисунке 3. После процедуры вытирания, согласно ГОСТ 12036-85, из полученного вороха отбирали среднюю пробу (Ф0) и делили ее на две фракции – крупную (Ф2) и мелкую (Ф1) с помощью решета с круглыми отверстиями $\varnothing 2$ мм. Для удаления

легких примесей из мелкой фракции Ф1 и определения массы m_{oc} вытертых семян (фракция Ф3) в пробе Ф0 использовали пневмокласификатор К-293. Скорость воздушного потока в пневмокласификаторе устанавливали по началу выноса семян в отход. После удаления легких примесей и объединения их с семенами, полученная смесь представляла собой фракцию Ф1.

Согласно ГОСТ 12036-85, для проведения исследования брали среднюю пробу из фракции Ф1. С помощью метода разбора выделяли дробленные семена и затем определяли их массу во фракции Ф4. После этого производили пересчет массы дробленных семян на массу фракции Ф1 и получали массу дробленных семян (m_{oc}) в пробе Ф0.

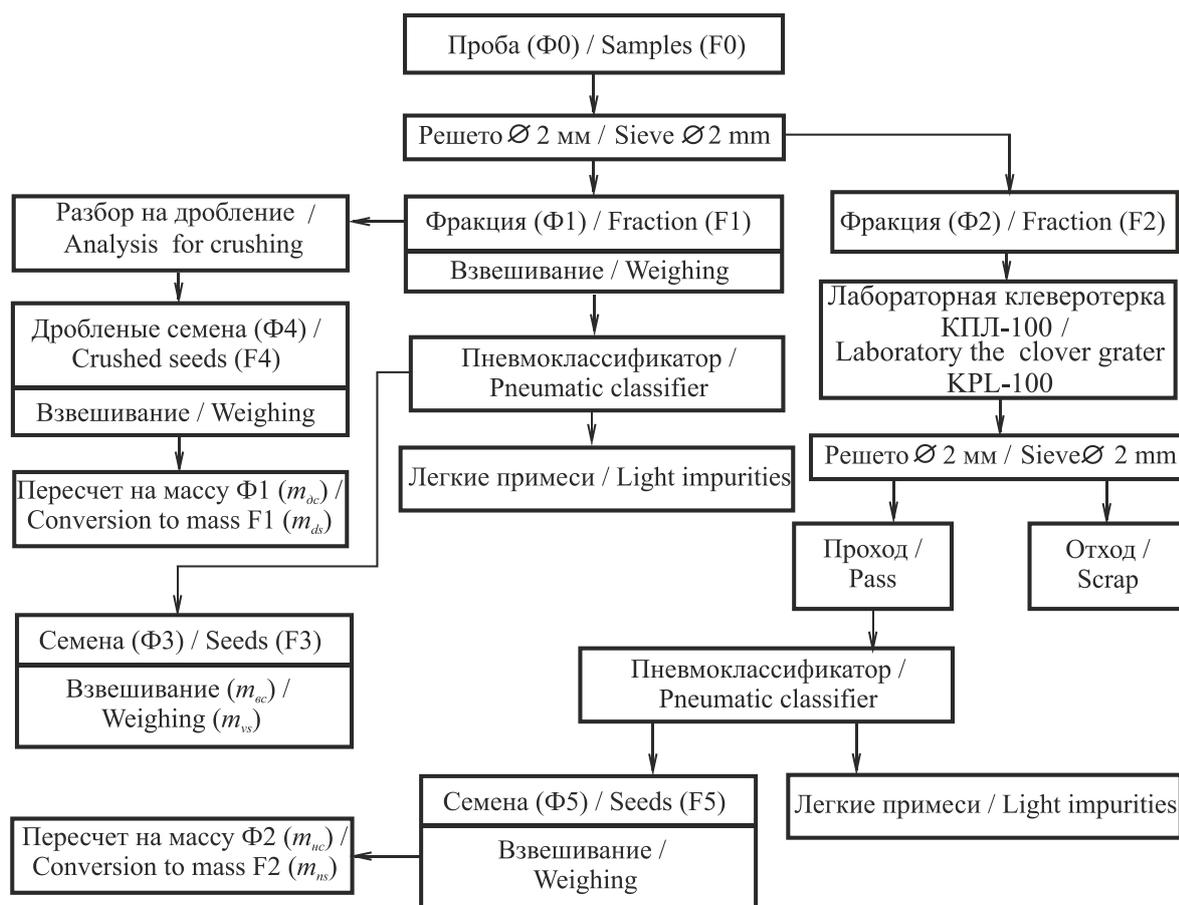


Рис. 3. Схема методики определения показателей качества работы устройств для вытирания семян трав / Fig. 3. Scheme of the methodology for determining the quality indicators of devices for wiping grass seeds

Для анализа крупной % ции Ф2 по ГОСТ 12036-85 брали среднюю пробу, которую перетирали на лабораторной клеверотерке КПЛ-100⁹, затем просеивали через решето. Разделенный на решете материал представлял из себя две фракции: сход – неиспользуемые отходы; проход – материал, поступающий на пневмокласификатор для выделения из него легких примесей. Пропущенный материал (фракция Ф5) взвешивали и производили пересчет массы фракции Ф5 на массу фракции Ф2. На последнем этапе определяли массу ($m_{нс}$) не вытертых семян в пробе Ф0.

В результате получили массу вытертых $m_{вс}$ и дробленых $m_{дс}$ семян в исходном материале.

Расчет степени вытирания ε и дробления d семян выполняли по формулам:

$$\varepsilon = \frac{m_{вс} + m_{дс}}{m_{вс} + m_{дс} + m_{нс}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

$$d = \frac{m_{дс}}{m_{вс} + m_{дс}} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Результаты и их обсуждение. Однофакторными экспериментами установлены главные факторы, влияющие на степень вытирания и дробление семян – частота вращения барабана и подача исходного материала. Поэтому для дальнейшего исследования принят и осуществлен план полнофакторного эксперимента второго порядка, включающий два фактора. Данный эксперимент является инструментом для изучения взаимодействия между факторами и их влияния на исследуемый процесс. Результаты эксперимента помогут определить оптимальные значения факторов, которые максимизируют желаемый результат [10, 11].

По результатам предыдущих экспериментальных исследований была выбрана область рациональных значений факторов, определены уровни и интервалы их варьирования (табл.).

⁹Симонов М. В., Конышев Н. Л. Клеверотерка КПЛ-100. Сельский механизатор. 2012;(6):14.

Таблица – Факторы, уровни и интервалы их варьирования при реализации плана эксперимента / Table – Factors, levels and intervals of their variation in the implementation of the experiment plan

Кодированное обозначение факторов / Coded designation of factors	Название факторов, их обозначение и единица измерения / The name of the factors, their designation and unit of measurement	Уровни факторов / Factor levels			Интервалы варьирования / Variation intervals
		-1	0	1	
x_1	Частота n_b вращения барабана, мин ⁻¹ / Drum rotation speed n_b , min ⁻¹	700	750	800	50
x_2	Подача q исходного материала, т/ч / Feed q of the source material, t/h	0,3	0,4	0,5	0,1

После реализации опытов и обработки результатов эксперимента получены адекватные (вероятность $p = 0,95$) регрессионные модели степени вытирания ε и дробление d семян (%):

$$\varepsilon = 94,09 + 1,0x_1 - 0,83x_1^2 + 0,53x_1x_2 + 0,42x_2^2; \quad (3)$$

$$d = 0,97 + 1,0x_1 - 1,12x_2 + 0,3x_1^2 - 0,88x_1x_2 + 0,55x_2^2. \quad (4)$$

Из рисунка 4 следует, что при различных значениях подач q повышение частоты вращения барабана приводит к увеличению степени

вытирания ε и дробления d семян. Так, например, при изменении частоты от 700 до 750 мин⁻¹ (при значении $q = 0,4$ т/ч), степень вытирания ε возрастает с 92,3 до 94,1 %, а дробление d увеличивается с 0,3 до 1,0 %.

Это объясняется увеличением ударного воздействия вытирающих элементов терочной поверхности и повышением скорости движения материала по деке машины, что приводит к увеличению вероятности взаимодействия частиц материала с рабочими органами клеверотерки и изменению величины силы удара и сжатия.

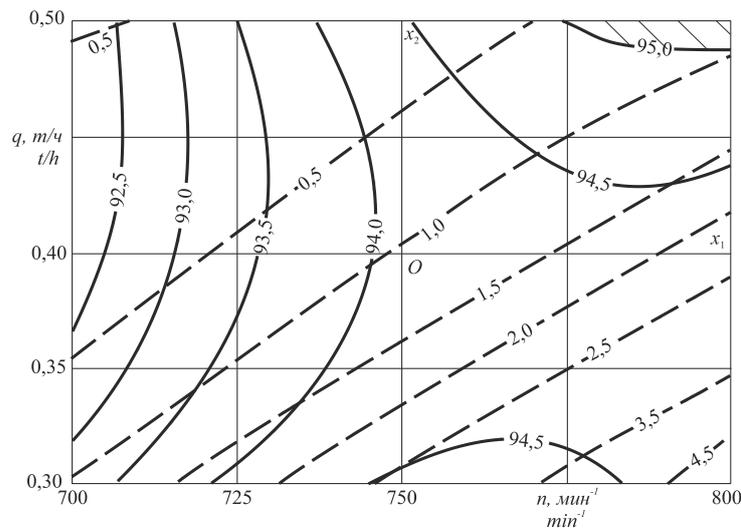


Рис. 4. Линии равных значений степени ε вытирания (—) и дробление d (----) семян при различных нагрузочно-скоростных режимах работы клеверотерки-скарификатора КС-0,3П;

■ – область значений факторов, в которой обеспечивается степень ε вытирания более 95 % при дроблении d семян не более 1,5 % /

Fig. 4. Lines of equal values of the degree of ε wiping (—) and crushing d (----) of seeds at various load-speed modes of operation of the clover grater and scarifier KS-0.3P; ■ – the range of values of factors in which the degree of ε wiping is ensured by at more than 95 % when crushing d seeds of less than 1.5 %

Подача исходного материала в терочное устройство оказывает незначительное влияние на степень вытирания во всем диапазоне частот вращения барабана от 700 до 800 мин⁻¹. При этом с увеличением подачи q исходного материала происходит снижение дробления семян почти во всем диапазоне изменения

частоты n вращения. Например, при увеличении подачи q с 0,3 до 0,5 т/ч при $n = 800$ мин⁻¹ дробление семян снижается с 4,8 до 0,8 %. Причем степень вытирания снизилась всего на 0,6 % – с 95,8 до 95,2 %. Это связано с уменьшением вероятности удара бичами по вытертым семенам. Анализируя рисунок 4 и учитывая агротех-

нические требования, предъявляемые к работе клеверотерки (степень вытирания не менее 95,0 % при дроблении семян не более 1,5 %), можно сделать вывод, что оптимальный диапазон значений подачи материала $q = 0,48...0,50$ т/ч и частоты вращения барабана $n = 775...800$ мин⁻¹. В данном диапазоне степень вытирания составит $\varepsilon = 94,5...95,8\%$, дробление $d = 0,6...1,1$ %.

Заключение. Проведены исследования работы клеверотерки-скарификатора КС-0,3П при вытирании семян клевера лугового, определены диапазоны оптимальной частоты вращения барабана 775...800 мин⁻¹ и подачи материала 0,48...0,50 т/ч при обеспечении заданных агротехнических показателей – не менее 95,0 % степень скарификации и не более 1,5 % – дробление.

Список литературы

1. Киселев Н. П., Кормщиков А. Д., Никифорова Е. В., Прозорова И. Н., Прозоров В. А., Киселев С. Н. Вятские клевера. Киров: ГИПП "Вятка", 1995. 276 с.
2. Новоселов Ю. К., Шпаков А. С., Харьков Г. Д. Полевое кормопроизводство как фактор стабилизации кормовой базы и биологизации земледелия. Кормопроизводство России: сб. научн. тр. М.: ВИК, 1997. С. 30–42.
3. Фигурин В. А. Выращивание многолетних трав на корм. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2013. 188 с.
4. Bozhanska T., Churkova B. Correlation and regression relationships between quantitative and qualitative indicators of perennial grass and legume mixtures. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2020;26(3):567–573. URL: <https://agrojournal.org/26/03-11.pdf>
5. Kosolapov V. M., Kostenko S. I., Tyurin Yu. S., Shamsutdinova E. Z., Piskovskii Yu. M. Perennial forage grasses - the basis for greening agricultural production. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021;663:012022. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/663/1/012022>
6. Kosolapov V. M., Cherniavskih V. I., Dumacheva E. V., Marinich M. N., Sajfutdinova L. D., Lanin D. O. The role of perennial grasses in the protection of soil resources of erosive ecosystems with active development of Linear erosion. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021;901:012007. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/901/1/012007>
7. Перспективная ресурсосберегающая технология производства семян клевера для Северного региона Нечерноземной зоны России: методические рекомендации. Киров: ФГБНУ "НИИСХ Северо-Востока", 2015. 72 с. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/record/01008071475>
8. Бурков А. И., Глушков А. Л., Лазыкин В. А., Мокиев В. Ю. Барабанная клеверотерка с пневмосепарирующим устройством. Сельский механизатор. 2020;(5-6):8-9.
9. Бурков А. И., Глушков А. Л., Лазыкин В. А., Мокиев В. Ю. Обоснование основных конструктивно-технологических параметров пневмосепарирующего устройства клеверотерки-скарификатора. Агроинженерия. 2021;(4(104)):9–13. DOI: <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-4-9-13> EDN: DSKANW
10. Анисимов Н. П. Об использовании методики планирования эксперимента в соответствии с трёхуровневыми планами Бокса-Бенкена. Вестник магистратуры. 2017;(2-2(65)):32–36. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29771488> EDN: ZBMSQH
11. Селезнёва Е. В., Юрина Т. А. Система автоматизированного планирования эксперимента и получения уравнения регрессии. Вестник СибАДИ. 2014;(3(37)):84–87. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21815518> EDN: SJKCTV

References

1. Kiselev N. P., Kormshchikov A. D., Nikiforova E. V., Prozorova I. N., Prozorov V. A., Kiselev S. N. Vyatka clovers. Kirov: GIPP «Vyatka», 1995. 276 p.
2. Novoselov Yu. K., Shpakov A. S., Kharkov G. D. Field feed production as a factor of stabilization of the feed base and biologization of agriculture. Feed production in Russia: sb. nauchn. tr. Moscow: VIK, 1997. pp. 30–42.
3. Figurin V. A. Growing of perennial grasses for fodder use. Kirov: NIISKh Severo-Vostoka, 2013. 188 p.
4. Bozhanska T., Churkova B. Correlation and regression relationships between quantitative and qualitative indicators of perennial grass and legume mixtures. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2020;26(3):567–573. URL: <https://agrojournal.org/26/03-11.pdf>
5. Kosolapov V. M., Kostenko S. I., Tyurin Yu. S., Shamsutdinova E. Z., Piskovskii Yu. M. Perennial forage grasses - the basis for greening agricultural production. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021;663:012022. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/663/1/012022>
6. Kosolapov V. M., Cherniavskih V. I., Dumacheva E. V., Marinich M. N., Sajfutdinova L. D., Lanin D. O. The role of perennial grasses in the protection of soil resources of erosive ecosystems with active development of Linear erosion. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021;901:012007. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/901/1/012007>

7. A promising resource-saving technology for the production of clover seeds for the Northern region of the Non-Chernozem zone of Russia: methodological recommendations. Kirov: FGBNU «NIISKh Severo-Vostoka», 2015. 72 p. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008071475>
8. Burkov A. I., Glushkov A. L., Lazykin V. A., Mokiev V. Yu. Drum clover grater with pneumatic separator. *Sel'skiy mekhanizator*. 2020;(5-6):8-9. (In Russ.).
9. Burkov A. I., Glushkov A. L., Lazykin V. A., Mokiev V. Yu. Determination of the basic design and technological parameters of the pneumatic separating device of a clover thresher and scarifier. *Agroinzheneriya = Agricultural Engineering (Moscow)*. 2021;(4(104)):9–13. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2021-4-9-13>
10. Anisimov N. P. About the use of the experimental planning method in accordance with the three-level plans of Box-Benken. *Vestnik magistratury*. 2017;(2-2(65)):32–36. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29771488>
11. Selezneva E. V., Yurina T. A. System of computer-aided planning of experiment and receiving regression equation. *Vestnik SibADI = The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2014;(3(37)):84–87. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21815518>

Сведения об авторах

Бурков Александр Иванович, доктор техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5287-1532>

Глушков Андрей Леонидович, кандидат техн. наук, зав. лабораторией зерно- и семяочистительных машин, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5287-1532>

✉ **Лазыкин Виктор Алексеевич**, кандидат техн. наук, научный сотрудник лаборатории зерно- и семяочистительных машин, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5287-1532>, e-mail: ellestar@bk.ru

Мокиев Валентин Юрьевич, кандидат техн. наук, научный сотрудник лаборатории зерно- и семяочистительных машин, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3368-1151>

Information about the authors

Aleksandr I. Burkov, DSc in Engineering, professor, leading researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5287-1532>

Andrei L. Gluhkov, PhD in Engineering, Head of the Laboratory of Grain and Seed Cleaning Machines, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1448-9930>

✉ **Victor A. Lazukin**, PhD in Engineering, researcher, the Laboratory of Grain and Seed Cleaning Machines, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3910-8620>, e-mail: ellestar@bk.ru

Valentin Yu Mokiev, PhD in Engineering, researcher, the Laboratory of Grain and Seed Cleaning Machines, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3368-1151>

✉ – Для контактов / Corresponding author