

# МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ / MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.6.1049-1056>  
УДК 631.354:631.361.4



## Определение оптимальных режимов работы клеверотерки-скарификатора КС-0,3П при скарификации

© 2023. 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

*В статье приведены сведения об особенностях устройства, качестве работы опытного образца новой более производительной (на 25...30 %) клеверотерки-скарификатора КС-0,3П в сравнении с аналогом КС-0,2П. Клеверотерка-скарификатор КС-0,3П включает вытирающе-скарифицирующее устройство барабанного типа, пневмосепарирующее устройство, двухступенчатую систему очистки отработавшего воздуха, содержащую циклон и тканевый фильтр. Повышение производительности новой машины достигается за счет увеличения диаметра барабана со сплошной вытирающей поверхностью до 0,45 м и длины деки овального типа со скарифицирующими пластинами до 0,7 м. Сплошная терочная поверхность барабана сварена из стальных прутков шестигранного профиля №12, установленных на ребро. Дека, охватывающая барабан снизу на 180°, изготовлена из прутков круглого сечения диаметром 10 мм и девяти стальных пластин толщиной 2 мм и шириной 11 мм, равномерно распределенных по длине деки. При исследовании технологического процесса клеверотерки-скарификатора использован метод математического планирования эксперимента. Качество выполненной скарификации оценивали по методикам ГОСТ 12038-84, ГОСТ 12036-85 и дополнительно введённому показателю изменения количества проросших семян. Подачу материала регулировали степенью открытия вибросаслонки в загрузочном бункере в пределах от 0,2 до 0,4 т/ч. Частоту вращения барабана изменяли частотным преобразователем от 550 до 650 мин<sup>-1</sup>. Семена козлятника восточного соответствовали требованиям ГОСТ 52325-2005. Опыты проводили в трехкратной повторности. В результате экспериментального исследования клеверотерки-скарификатора КС-0,3П при скарификации семян козлятника восточного определены диапазоны оптимальной частоты вращения барабана 550...650 мин<sup>-1</sup> и подачи материала 0,3...0,4 т/ч, когда обеспечиваются заданные агротехнические показатели: степень скарификации не менее 95,0 % и дробление – не более 1,5 %.*

**Ключевые слова:** твердые семена бобовых трав, скарификация семян, 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 режимов работы клеверотерки-скарификатора КС-0,3П при скарификации. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023;24(6):1049-1056. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.6.1049-1056>

Поступила: 31.07.2023 Принята к публикации: 23.11.2023 Опубликована онлайн: 20.12.2023

## Determination of the optimal modes of operation of the clover grater and scarifier KS-0.3 P during scarification

© 2023. Aleksandr I. Burkov, Andrei L. Gluhkov, Viktor A. Lazukin ✉,  
Valentin Yu. Mokiev

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

*The article provides information about the features of the device, the quality of work of the prototype of a new 25...30 % more productive clover grater and scarifier KS-0.3 P in comparison with the analogue KS-0.2 P. KS-0.3P includes a drum-type wiping and scarifying device, a pneumatic separation device, a two-stage exhaust air purification system containing a cyclone and a fabric filter. The increase in the productivity of the new machine is achieved by increasing the diameter of the drum with a solid wiping surface to 0.45 m and the length of the oval deck with scarifying plates to 0.7 m. The solid grating surface of the drum is welded from steel rods of hexagonal profile No. 12 mounted on an edge. The deck covering the drum from below by 180° is made of round bars with a diameter of 10 mm and nine steel plates with a thickness of 2 mm and a width of 11 mm, evenly distributed along the length of the deck. When studying the technological process of clover grater and scarifier the method of mathematic planning of the experiment was used. The quality of scarification done was evaluated using the*

*GOST 12038-84, GOST 12036-85 methodologies and additionally introduced indicator of variation of the number of germinated seeds. The material supply was regulated by the degree of opening of the flap in the loading hopper in the range from 0.2 to 0.4 t/h. The rotation frequency of the drum was changed by a frequency converter from 550 to 650 min<sup>-1</sup>. Eastern galega seeds met GOST 52325-2005 requirements. The experiments were carried out in three-fold repetition. As a result of an experimental study of the KS-0.3P cloverworm-scarifier during the scarification of the seeds of the Eastern galega, the ranges of the optimal drum rotation speed of 550... 650 min<sup>-1</sup> and the material supply of 0.3... 0.4 t/h were determined, when the specified agrotechnical indicators were provided: the degree of scarification not less than 95.0 % and crushing not more than 1.5 %.*

**Keywords:** solid legume seeds, scarification of seeds, drum 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 №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 modes of operation of the clover grater and scarifier KS-0.3 P during scarification. *Agrarnaya nauka Evro Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(6):1049-1056. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.6.1049-1056>

Received: 31.07.2023

Accepted for publication: 23.11.2023

Published online: 20.12.2023

При выращивании многолетних трав важное значение имеет полноценность посевного материала. Семена бобовых трав имеют труднопроницаемую для воды и воздуха оболочку, поэтому такие семена не прорастают в первый год и могут находиться в почве несколько лет. Количество таких семян может достигать 40 % и более [1]. Для увеличения всхожести твердых семян используют машины-скарификаторы. Эти устройства механически разрушают твердую оболочку семян, нанося на нее царапины и трещины, и поэтому семена прорастают быстрее. Скарификацию проводят в предпосевной период за 15-20 дней до внесения семян в почву [2, 3].

Существует линейка отечественных скарификаторов, применяемых в настоящее время в сельском хозяйстве: СВВ-0,2, СС-0,5, СКС-1, СТС-2, СКС-30, СК-300 [4, 5]. За рубежом также применяются скарификаторы, использующие механические принципы для разрушения твердой оболочки семян. В работе [6] лесопользователи применили для скарификации твердых семян автоматическую шлифовальную машину. Кратковременное шлифование семян в течение 5 минут определили лучшим режимом работы. Авторы статьи [7] сравнили несколько способов скарификации семян вальтерии индийской (*uhaloa*). Наибольшее практическое разрушение твердой оболочки было достигнуто с помощью механического электрического барабанного скарификатора, облицованного наждачной бумагой с зернистостью 80, в течение 15 или 30 секунд. При этом всхожесть семян повысилась до 95 и 99 % соответственно. В работе [8] представлена базовая конструкция и принцип работы пневматической машины для скарификации и посева кормовых культур типа 9BQS-3.0. Сеялка может выполнять сложную операцию скарификации, бороздования,

высева семян, укрытия почвы и выравнивания одновременно. Интенсивность скарификации семян *Elymus dahuricus* составила 63 %, доля разбитых семян – 1,2 %.

Клеверотерки и скарификаторы используются непродолжительный период в году, поэтому целесообразно совместить функции скарификации и вытирания, что позволит использовать машину в предпосевной и послеуборочный периоды. В ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока» разработана и испытана клеверотерка-скарификатор КС-0,2, которая используется для получения семян из пыжины клевера и скарификации твердых семян бобовых трав в предпосевной период [9]. Тем самым отпадает необходимость приобретения в хозяйстве двух машин, и клеверотерка-скарификатор меньше времени простаивает.

Основными рабочими элементами машины КС-0,2 являются дека и барабан, которые установлены в корпусе на раме с входным и выходным патрубками. Питающее устройство состоит из бункера с ворошилкой, валиком и виброзаслонкой. Приводится машина в действие от электродвигателя через механизмы привода, состоящие из ременных и цепной передач. Но у существующей конструкции клеверотерки-скарификатора КС-0,2 присутствует недостаток. Машину необходимо перенастраивать для использования в режимах вытирания и скарификации: менять деку, предназначенную для вытирания, на деку для скарификации. Дека для вытирания семян многолетних трав из пыжины выполнена из круглого проката (прутков), дека, устанавливаемая для скарификации твердых семян, имеет скарифицирующую поверхность из шлифовальной шкурки. Такая смена рабочих органов требует много времени и выполняется квалифицированными специалистами.

Для исключения данного недостатка клеверотерка-скарификатор КС-0,2 модернизирована [10] и разработана новая более производительная (на 25...30%) клеверотерка-скарификатор КС-0,3П [11]. В этих машинах барабанного типа применяется дека овального типа с круглыми прутками и стальными скарифицирующими пластинами. Применение данной конструкции деки позволило отказаться от деки со скарифицирующей поверхностью в виде шлифовальной шкурки. Кроме того, машина КС-0,3П имеет увеличенный диаметр барабана до 0,45 м и длину деки до 0,7 м, дополнительно снабжена пневмосепаратором для очистки обработанного материала от легких примесей. При этом сплошная терочная поверхность барабана сварена из стальных прутков шестигранного профиля №12, установленных на ребро. Дека, охватывающая барабан снизу на 180°, изготовлена из прутков круглого сечения диаметром 10 мм и девяти стальных пластин толщиной 2 мм и шириной 11 мм, равномерно распределенных по длине деки. Оптимальные параметры стальных прутков барабана и деки, а также скарифицирующих пластин приведены в работе [10].

**Цель исследования** – изучить влияние частоты вращения барабана и подачи материала клеверотёрки КС-0,3П на качество скарификации твердых семян, определить область оптимальных значений частоты вращения барабана и подачи материала при соблюдении агротехнических требований.

**Научная новизна** – определение оптимальной частоты вращения барабана и подачи материала в клеверотерку-скарификатор КС-0,3П, когда обеспечиваются требуемые показатели качества скарификации.

**Материал и методы.** Качество выполненной скарификации оценивали по ГОСТ 12038-84<sup>1</sup>, ГОСТ 12036-85<sup>2</sup> и дополнительно разработанной методике [12]. Посевные качества семян при этом должны соответствовать ГОСТ Р 52325-2005<sup>3</sup>.

На рисунке 1 изображена схема работы клеверотерки-скарификатора КС-0,3П. Машина работает следующим образом. Семена подаются в приемный бункер 6 с установленной в нем

ворошилкой 7 с помощью подъемно-транспортного механизма или вручную. Из приемного бункера 6 под действием силы тяжести, вибросаслонки 8 и с помощью питающего валика 9 обрабатываемый материал попадает в загрузочную горловину 10. Далее семена движутся в рабочую зону – в зазор между декой 12 со скарифицирующей поверхностью и барабаном 11 с энтгранерной поверхностью. Вращаясь, барабан захватывает и протаскивает семена через рабочий зазор, при этом твердая оболочка семян трескается или царапается, т. е. происходит скарификация. Проскарифицированные семена через выходной патрубков 4 и загрузочное окно 14 поступают в вертикальный пневмосепарирующий канал (ПСК) 15, где разрушенные оболочки семян и пыль за счет воздушного потока, создаваемого вентилятором циклона 3, перемещаются в циклон 3 и пылеулавливающее устройство 1 (тканевый фильтр). Обработанные и очищенные от легких примесей семена поступают в приемник I. Большая часть уловленных легких примесей поступает в приемник II, а пыль – в приемник III.

Качество посевного материала оценивали до и после обработки по ГОСТ 12038-84 двумя показателями: энергия  $E$  прорастания и всхожесть  $B$  семян. Данные показатели не позволяют в полной мере оценить качество скарификации, так как в этом ГОСТе все твердые семена и проросшие с длиной ростка, превышающей длину семени, относятся к всхожим как за три дня прорастания, так и за 14 дней. Изменение количества проросших семян несущественно влияет на показатели энергии  $E$  прорастания и всхожести  $B$  семян. Поэтому были введены дополнительно следующие критерии оценки качества технологического процесса [12]: степень скарификации  $C$ , степень  $P$  изменения количества проросших семян и дробление  $d$  семян. Энергию  $E$  прорастания и всхожесть  $B$  семян контролировали при выполнении оценки скарификации. Применение совокупности этих критериев при проведении экспериментальных исследований позволяет довольно точно оценить качество выполнения скарификации.

<sup>1</sup>ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Изд-во стандартов, 1991. 29 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023365>

<sup>2</sup>ГОСТ 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>

<sup>3</sup>ГОСТ Р 52325-2005. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2005. 23 с. URL: <https://fsvps.gov.ru/files/gost-r-52325-2005-nacionalnyi-standart-rossii/>

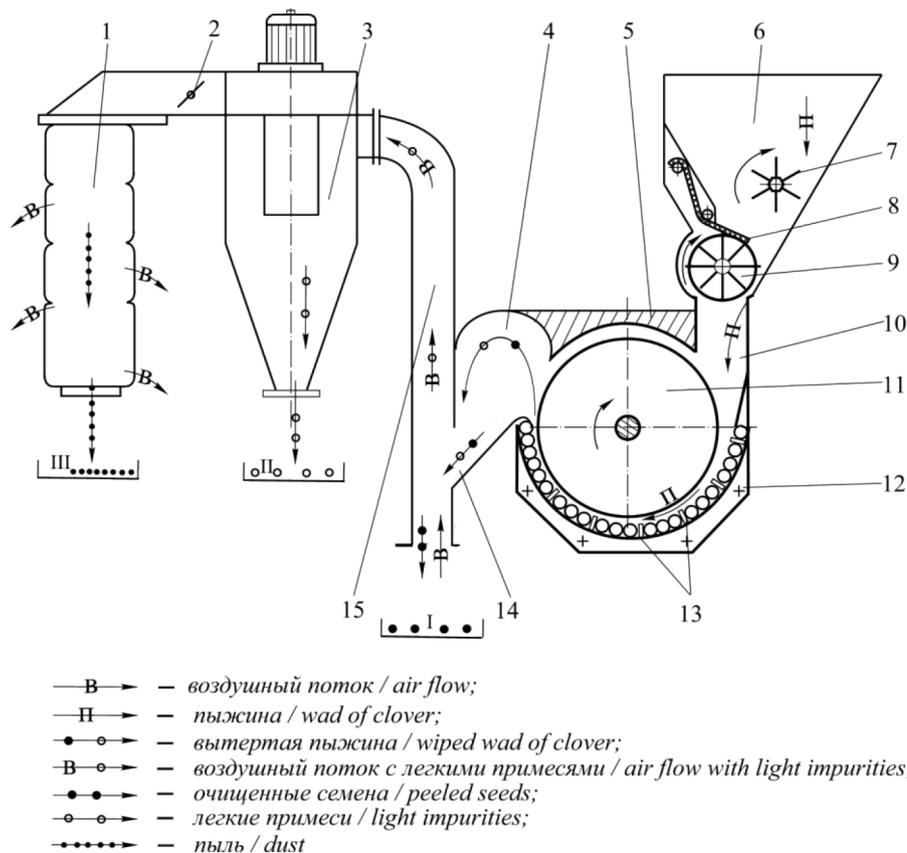


Рис. 1. Технологическая схема клеверотёрки-скарификатора КС-0,3П: 1 – пылеулавливающее устройство; 2 – дроссельная заслонка; 3 – циклон с электровентилятором; 4 – выходной патрубок; 5 – корпус; 6 – приемный бункер; 7 – ворошилка; 8 – гибкая вибросаслонка; 9 – лопастной питающий валик; 10 – загрузочная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

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

Экспериментальные исследования проводили в следующем порядке:

1. Изначально изменяли один из изучаемых параметров скарифицирующего устройства – частоту  $n_0$  вращения барабана или подачу  $q$ .

2. По ГОСТ 12036-85 из фракции исходных семян Ф0 брали две навески Ф1 и Ф2 каждая по 0,5 кг (рис. 2). Эту процедуру проводили перед каждым опытом.

3. Из фракции Ф1 (ГОСТ 12036-85) отсчитывали пробы П1, П2, П3, П4 по 100 семян каждая. Эти пробы использовали для прорастания семян в лабораторных условиях и дальнейшего определения качества посевного материала, в т. ч. и для определения количества твердых семян.

4. Клеверотёркой-скарификатором КС-0,3П проводили скарификацию фракции Ф2.

5. Проскарифицированный материал (Ф3) взвешивали. Из получившейся фракции отсчитывали пробы П5, П6, П7, П8 по 100 семян каждая. Эти пробы также проращивали в лабораторных условиях для определения качества посевного материала, степени скарификации  $S$  и степени  $П$  изменения количества проросших семян.

6. Рассчитывали дробление семян по формуле:

$$d = \frac{m_{dc}}{m_{\phi 3}} \cdot 100, \% \quad (1)$$

Количество дробленных семян  $m_{dc}$  во фракции Ф3 ( $m_{\phi 3}$ ) рассчитывали исходя из количества дробленных семян во фракции Ф4, которая собиралась по ГОСТ 12037-81<sup>4</sup> из пробы массой 20 г.

<sup>4</sup>ГОСТ 12037-81. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян. М.: Изд-во стандартов, 2011. 20 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023363>

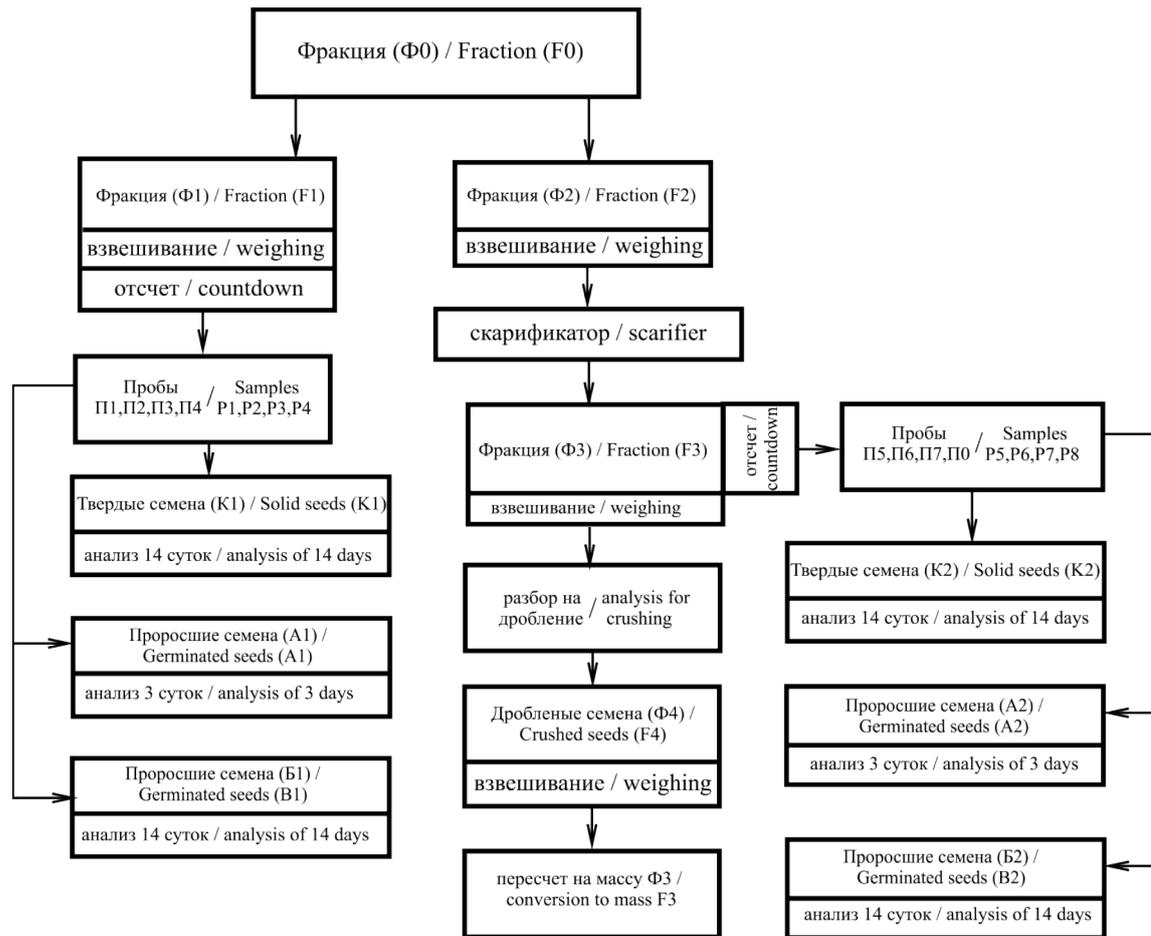


Рис. 2. Схема разбора проб для определения показателей качества скарификации / Fig. 2. Sampling scheme for determining scarification quality indicators

По ГОСТ 12038-84 методом проращивания семян между фильтровальной бумагой (МБ) проводили определение энергии прорастания (контроль через три дня), всхожести и количества твердых семян (контроль через 14 дней). Для этого семена проб закладывали в чашки Петри между слоями фильтровальной бумаги. Затем пробы П1...П8 помещали в темное помещение с постоянной температурой 20 °С.

На протяжении всего срока анализа фильтровальную бумагу с семенами регулярно смачивали. По истечении трех суток проводили подсчет проросших семян для дальнейшего определения энергии  $E$  прорастания, определяемой по формуле:

$$E = \frac{A}{N} \cdot 100, \% \quad (2)$$

где  $A$  – среднееарифметическое значение количества семян, проросших по истечении 3 суток в пробах П1...П4 или П5...П8, шт.,  
 $N$  – количество семян, закладываемое в каждой пробе, П1...П8, шт.

Через 14 дней снова подсчитывали проросшие семена и семена, которые не изменили внешнего вида и не проросли. Эти семена относятся к твердым. Далее проводили анализ полученных результатов проращивания семян. Достоверным результатом считалось среднееарифметическое значение количества проросших или твердых семян всех проб партии П1...П4 или П5...П8, если отклонение количества проросших или твердых семян отдельной пробы не превышало величину, допускаемую ГОСТ 12038-84, если превышало допускаемое значение, то пробу не учитывали.

Всхожесть определяли по выражению:

$$B = \frac{B + K}{N} \cdot 100, \% \quad (3)$$

где  $B$  – среднееарифметическое значение общего количества семян, проросших по истечении 14 суток в пробах П1...П4 или П5...П8, шт.;  
 $K$  – среднееарифметическое значение количества твердых семян в пробах П1...П4 или П5...П8, шт.

Степень скарификации отражает изменение количества твердых семян в пробах П1...П4 и П5...П8, то есть до и после обработки соответственно:

$$C = \frac{(K_1 - K_2)}{K_1} \cdot 100, \% \quad (4)$$

где  $K_1$  – среднеарифметическое значение количества твердых семян в пробах П1...П4 до обработки, шт.;  $K_2$  – среднеарифметическое значение количества твердых семян в пробах П5...П8 после обработки, шт.

Степень  $\Pi$  изменения количества проросших семян вычисляли по формуле [11]:

$$\Pi = \frac{(B_2 - B_1)}{B_2} \cdot 100, \% \quad (5)$$

где  $B_1$  – среднеарифметическое значение количества проросших семян в пробах П1...П4 до обработки, шт.;  $B_2$  – среднеарифметическое значение

количества проросших семян в пробах П5...П8 после обработки, шт.

**Результаты и их обсуждение.** Исследованы режимы работы машины КС-0,3П при скарификации. В ходе однофакторных экспериментов были установлены главные факторы, влияющие на процесс скарификации – частота  $n_b$  вращения барабана, подача  $q$  исходного материала, уровни и интервалы их варьирования для проведения полнофакторного эксперимента второго порядка (табл.). Молотильные зазоры между барабаном и декой установлены постоянными: на входе – 8 мм, на выходе – 3 мм. Частоту вращения барабана изменяли частотным преобразователем от 550 до 650 мин<sup>-1</sup>. Подачу материала регулировали степенью открытия вибросаслонки в загрузочном бункере в пределах от 0,2 до 0,4 т/ч.

**Таблица – Факторы, уровни и интервалы их варьирования при исследовании процесса скарификации семян / Table – Factors, levels and intervals of their variation when studying the process of scarification of seeds**

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 <sup>-1</sup> / Drum $n_b$ rotation speed, min <sup>-1</sup>	550	600	650	50
$x_2$	Подача $q$ исходного материала, т/ч / Feed $q$ of the source material, t/h	0,2	0,3	0,4	0,1

Обработка результатов проведенных опытов, отражающих качество работы клеверотерки-скарификатора КС-0,3П в режиме скарификации, проведена в программе Statgraphics 18.1. Получены модели регрессии дробления  $d$

$$d = 1,69 + 0,96 \cdot x_1 - 0,51 \cdot x_2 - 0,20 \cdot x_1^2 + 0,12 \cdot x_1 x_2 + 0,28 \cdot x_2^2, \quad (6)$$

$$C = 97,28 + 2,2 \cdot x_1 + 0,27 \cdot x_2 - 1,67 \cdot x_1^2 - 0,65 \cdot x_1 x_2 + 0,83 \cdot x_2^2, \quad (7)$$

$$\Pi = 42,53 + 0,12 \cdot x_1 - 0,38 \cdot x_2 - 0,25 \cdot x_1^2 + 0,08 \cdot x_1 x_2 - 0,15 \cdot x_2^2. \quad (8)$$

На рисунке 3 приведены зависимости значений  $d$  дробления семян, степени  $C$  скарификации семян и степени  $\Pi$  изменения количества проросших семян при изменении частоты  $n_b$  вращения барабана и подачи  $q$  обрабатываемого материала клеверотерки-скарификатора КС-0,3П.

Анализ моделей регрессии (6)...(8) показал, что изменение подачи  $q$  обрабатываемого материала и частоты  $n_b$  вращения барабана влияет на все изучаемые критерии оценки качества выполняемого процесса скарификации.

При повышении частоты вращения барабана от 550 до 650 мин<sup>-1</sup> и при подаче исходного материала  $q = 0,2$  т/ч наблюдали максимальную степень скарификации, близкую к 99,1 %. Однако при этих режимах работы машины КС-0,3П

семян (%), степени  $C$  скарификации семян (%) и степени  $\Pi$  изменения количества проросших семян (%), адекватно описывающие реальный процесс (критерий Фишера при вероятности  $p = 0,95$ ):

отмечено повышенное значение дробления  $d$ , равное 3,0 %, что не соответствует заявленным в ТЗ агротехническим требованиям к качеству работы устройства в режиме скарификации.

Наименьшее дробление (менее 0,5 %) достигается при подаче семян в устройство от 0,3 до 0,4 т/ч и снижении частоты вращения барабана до 550 мин<sup>-1</sup>. Степень  $C$  скарификации твердых семян при таких режимах работы КС-0,3П составила 93,5...95,2 %.

Степень  $\Pi$  изменения количества проросших семян во всей исследуемой области факторов составила 42,1...42,6 %. Это говорит о том, что качество посевного материала в результате скарификации не ухудшается, а наоборот повышается за счет снижения количества твердых семян.

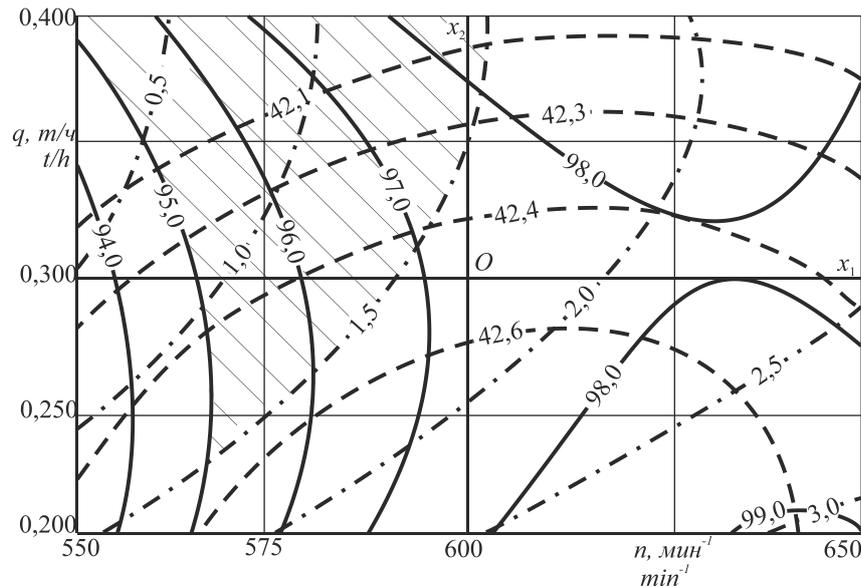


Рис. 3. Линии равных значений степени  $C$  скарификации семян (—), дробления  $d$  семян (---) и степени  $N$  изменения количества проросших семян (— · —) при изменении частоты  $n$  вращения барабана и подачи  $q$  обрабатываемого материала клеверотерки-скарификатора КС-0,3П /

Fig. 3. Lines of equal values of the degree of  $C$  scarification of seeds (—), crushing of  $d$  seeds (---) and the degree of  $N$  change in the number of germinated seeds (— · —) when changing the frequency of rotation of the drum and the supply  $q$  of the processed material of the clover grater and scarifier KS-0.3 P

Согласно техническому заданию, клеверотерка-скарификатор КС-0,3П должна обеспечивать дробление семян не выше 1,5 % и степень скарификации не менее 95,0 % при максимально возможной производительности. Этим требованиям на рисунке 3 соответствует заштрихованная область. Рекомендуемая частота вращения барабана  $n_6 = 550 \dots 600 \text{ мин}^{-1}$  и подача  $q = 0,3 \dots 0,4 \text{ т/ч}$ . При этих режимах работы клеверотерка-скарификатор КС-0,3П обеспечивает качество скарификации семян козлятника

восточного в соответствии с агротехническими требованиями.

**Заключение.** Проведены исследования работы клеверотерки-скарификатора КС-0,3П при скарификации семян козлятника восточного. Определены оптимальные режимы ее работы: частота вращения барабана  $n_6 = 550 \dots 650 \text{ мин}^{-1}$ , подача материала  $q = 0,3 \dots 0,4 \text{ т/ч}$  при обеспечении заданных агротехнических показателей: не менее 95,0 % – степень скарификации семян, 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. Перспективная ресурсосберегающая технология производства семян клевера для Северного региона Нечерноземной зоны России: методические рекомендации. Киров: ФГБНУ «НИИСХ Северо-Востока», 2015. 72 с.
3. Власов П. А. Скарификация семян многолетних трав. Достижения науки и техники АПК. 2006;(2):38-39. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=10332826> EDN: ISCYLV
4. Федоренко В. Ф. Уборка и послеуборочная обработка семян трав. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. 268 с.
5. Чугунов С. В., Рожков Г. А. Обзор устройств для вытирания и скарификации семян трав. Journal of Advanced Research in Natural Science. 2020;(9):60-62. DOI: <https://doi.org/10.26160/2572-4347-2020-9-60-62> EDN: YFBYMN
6. Bouteiller X. P., Porté A. J., Mariette S., Monty A. Using automated sanding to homogeneously break seed dormancy in black locust (*Robinia pseudoacacia* L., Fabaceae). Seed Science Research. 2017;27(3):243-250. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258517000150>
7. Lukas S. B., DeFrank J., Baldos O. C. Optimization of Waltheria indicaseed dormancy relief treatments and seed storage parameters. HortScience. 2016;51(9):1184-1187. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI10720-16>
8. Luo J., Sun J., Yang L., Wang Z., Li W., Dong Z. Design and experiment of type 9BQS-3.0 pneumatic scarifying and sowing compound operation machine. Nongye Jixie Xuebao. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery. 2013;44(Suppl):51-55. DOI: <https://doi.org/10.6041/j.issn.1000-1298.2013.S1.010>
9. Бурков А. И., Симонов М. В., Мокиев В. Ю. Клеверотёрка барабанного типа с тангенциальной подачей. Сельский механизатор. 2016;(4):12-15. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27261318> EDN: WYONYH
10. Бурков А. И., Симонов М. В., Мокиев В. Ю. Исследование клеверотерки-скарификатора КС-0,2 с декой овального типа при скарификации семян. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017;(6):74-77. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2017.61.6.74-77> EDN: YNQLWT

11. Бурков А. И., Глушков А. А., Лазыкин В. А., Мокиев В. Ю. Барабанная клеверотерка с пневмосепарирующим устройством. Сельский механизатор. 2020;(5-6):8-9.
12. Бурков А. И., Симонов М. В., Мокиев В. Ю. Определение показателей качества работы скарификаторов семян трав. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2014;(3):19-20.

#### 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. 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.
3. Vlasov P. A. Scarification of perennial grass seeds. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2006;(2):38-39. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=10332826>
4. Fedorenko V. F. Harvesting and post-harvest processing of grass seeds. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2003. 268 p.
5. Chugunov S. V., Rozhkov G. A. Review of devices for drying and scarification of seeds of grasses. Journal of Advanced Research in Natural Science. 2020;(9):60-62. DOI: <https://doi.org/10.26160/2572-4347-2020-9-60-62>
6. Bouteiller X. P., Porté A. J., Mariette S., Monty A. Using automated sanding to homogeneously break seed dormancy in black locust (*Robinia pseudoacacia* L., Fabaceae). Seed Science Research. 2017;27(3):243-250. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258517000150>
7. Lukas S. B., DeFrank J., Baldos O. C. Optimization of Waltheria indicaseed dormancy relief treatments and seed storage parameters. HortScience. 2016;51(9):1184-1187. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI10720-16>
8. Luo J., Sun J., Yang L., Wang Z., Li W., Dong Z. Design and experiment of type 9BQS-3.0 pneumatic scarifying and sowing compound operation machine. Nongye Jixie Xuebao. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery. 2013;44(Suppl):51-55. DOI: <https://doi.org/10.6041/j.issn.1000-1298.2013.S1.010>
9. Burkov A. I., Simonov M. V., Mokiev V. Yu. The expansion of technological capabilities of machine for extraction grass seed drum type with tangential feed. *Sel'skiy mekhanizator*. 2016;(4):12-15. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27261318>
10. Burkov A. I., Simonov M. V., Mokiev V. J. Research of clover-grater-and-scarificator KS-0.2 with oval type deck at seeds scarification. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2017;(6):74-77. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2017.61.6.74-77>
11. Burkov A. I., Glushkov A. A., Lazykin V. A., Mokiev V. Yu. Drum clover grater with pneumatic separator. *Sel'skiy mekhanizator*. 2020;(5-6):8-9. (In Russ.).
12. Burkov A. I., Simonov M. V., Mokiev V. Yu. Determination of indicators of the quality of the scarifiers grass seed. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*. 2014;(3):19-20. (In Russ.).

#### 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](mailto: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](mailto: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](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5287-1532>, e-mail: [ellestar@bk.ru](mailto: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, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto: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](mailto: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](mailto: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](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3910-8620>, e-mail: [ellestar@bk.ru](mailto: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](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3368-1151>

✉ – Для контактов / Corresponding author