

Исследование ленточного скарификатора для обработки небольших партий семян

✉ Бурков А.И., Глушков А.Л., Лазыкин В.А., Мокиев В.Ю.

Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого

Киров, Россия

✉ e-mail: burkov.46@mail.ru

Приведен анализ конструкций и технологического процесса механических скарификаторов, имеющих небольшую производительность. Установлено что наиболее высокие показатели качества скарификации твердых семян достигаются при их движении по абразивной поверхности со скольжением. Для обработки малых партий твердых семян разработан эскизный проект и изготовлен лабораторный образец ленточного скарификатора производительностью до 0,1 т/ч. Скарификатор создан на базе ленточной шлифовальной машины и содержит следующие сборочные единицы и механизмы: загрузочный бункер с затвором, опорную и подвижную скарифицирующую поверхности, ведущий и ведомый ролики, выходной патрубок, электропривод ведущего ролика с регулятором частоты вращения, раму. Представлены результаты поисковых опытов по изучению работы лабораторного образца ленточного скарификатора. Цель исследования – изучить влияние конструктивных и технологических параметров скарификатора на качество скарификации твердых семян. При исследовании использовали семена козлятника восточного влажностью 13%, предварительно очищенные от крупных, мелких и легких примесей. Исследовано влияние величины зазоров на входе и выходе между опорной и скарифицирующей поверхностями, скорости ленты (частоты вращения ведущего ролика), номера шлифовальной шкурки (зернистости) ленты, вида материала опорной поверхности (прорезиненная лента, транспортерная лента, шлифовальная шкурка, металлическая с поперечными канавками) на показатели технологического процесса скарификации при подачах 40,9–144,0 кг/ч. Наилучшие показатели процесса скарификации семян на подаче 40,0–46,5 кг/ч получены при опорной поверхности из транспортерной ленты, обращенной резиновой поверхностью толщиной 2 мм к шлифовальной шкурке, зазорах на входе 1,5 мм и выходе 0,7 мм, шлифовальной шкурке зернистостью Р40 и частоте вращения ведущего ролика 4400–6500 мин⁻¹. Энергия прорастания составила 73,0–74,3%, всхожесть – 94,7–94,3, дробление – 1,65–2,52, количество твердых семян – 16,7–13,3, проросших семян 78,0–81,0, степень скарификации 62,1–68,8%.

Ключевые слова: шлифовальная машина, галега восточная, скарификация, дробление

Research into a belt scarifier for processing small batches of seeds

✉ Burkov A.I., Glushkov A.L., Lazukin V.A., Mokiev V.Yu.

Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky

Kirov, Russia

✉ -mail: burkov.46@mail.ru

Analysis of the designs and technological process of mechanical scarifiers with low productivity has been conducted. It has been established that the highest quality indicators for scarification of hard seeds are achieved when they move along an abrasive surface with slipping. For processing small batches of hard seeds, a preliminary design has been developed and a laboratory prototype of a belt scarifier with a capacity of up to 0.1 t/h has been manufactured. The scarifier is based on a belt sander and contains the following assembly units and mechanisms: a loading hopper with a gate, a stationary and a movable scarifying surface, drive and idler rollers, an outlet pipe, an electric drive of the drive roller with a rotation speed controller, and a frame. The results of exploratory experiments on studying the operating process of a laboratory sample of a belt scarifier are presented. The purpose of the research is to study the influence of the scarifier's design and technological parameters on the quality of hard seed scarification. Seeds of Eastern galega with a moisture content of 13%, preliminarily cleaned of large, small, and light impurities, were used in the study. The influence of the size of the gaps at

the input and output between the supporting and scarifying surfaces, the speed of the belt (the rotation frequency of the drive roller), the number of the sanding paper (grain size) of the belt, the type of material of the supporting surface (rubberized belt, conveyor belt, sanding paper, metal with transverse grooves) on the performance of the scarification technological process at feed rates of 40.9–144.0 kg/h was studied. The best performance of the seed scarification process at a feed rate of 40.0–46.5 kg/h was obtained with a supporting surface made of a conveyor belt with a 2 mm thick rubber surface facing the sandpaper, an input gap of 1.5 mm and an output gap of 0.7 mm, sandpaper with a grain size of P40 and a drive roller speed of 4400–6500 min⁻¹. The germination energy was 73.0–74.3%, germination rate was 94.7–94.3, crushing was 1.65–2.52, the number of hard seeds was 16.7–13.3, sprouted seeds were 78.0–81.0, and the degree of scarification was 62.1–68.8%.

Keywords: grinding machine, Eastern galega, scarification, crushing

Для цитирования: Бурков А.И., Глушков А.Л., Лазыкин В.А., Мокиев В.Ю. Исследование ленточного скарификатора для обработки небольших партий семян // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2026. Т. 56. № 7. С. 104–112. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-7-11>

For citation: Burkov A.I., Glushkov A.L., Lazukin V.A., Mokiev V.Yu. Research into a belt scarifier for processing small batches of seeds. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2026, vol. 56, no. 7, pp. 104–112. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2026-7-11>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № FNWE-2022-0002).

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 the Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky project No. FNWE-2022-0002).

ВВЕДЕНИЕ

Увеличение производства животноводства невозможно без развития кормовой базы, одну из ключевых ролей в которой играют бобовые культуры, к которым относится козлятник (галега восточная)^{1, 2} [1–3]. Особенностью данной культуры является наличие в их составе большого количества твердых семян, покрытых водонепроницаемой оболочкой,

для разрушения которой проводят скарификацию [4–6]. В производственных условиях применяют чаще всего механические скарификаторы [7]: отечественные скарификаторы СС-0,5^{3, 4}, СКС-1⁵, СК-300⁶ и другие, зарубежные – автоматическую шлифовальную машину для семян лесных культур⁷, барабанный механический скарификатор (США), внутри покрытый наждачной бумагой с зернисто-

¹Kosolapov V.M., Cherniavskii 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 // *Earth and Environmental Science: IOP Conference Series*. 2021. N 901. P. 012007. DOI: 10.1088/1755-1315/901/1/012007.

²Kosolapov V.M., Kostenko S.I., Tyurin Yu.S., Shamsutdinova E.Z., Piskovskii Yu.M. Perennial forage grasses – the basis for green- ing agricultural production // *Earth and Environmental Science: IOP Conference Series*. 2021. N 663. P. 012022. DOI: 10.1088/1755-1315/663/1/012022.

³Машины для селекции, сортоиспытания и первичного семеноводства полевых культур. М.: Росинформагротех, 2009. С. 12–13.

⁴Скарификатор для предпосевной обработки семян бобовых трав. URL: <https://cuberleninka.ru/artikle/n/skarifikator-dlya-predposevnoy-obrabotki-semyan-bobovyh-trav/viewer>. DOI: 10.36461/NP.2021.60.3.015.

⁵Скарификатор СК-300 URL: http://www.penzmash.ru/root/catalog/selh_equipment/skarifikator-sk-300 (дата обращения 27.02.2023).

⁶Bouteiller 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. Vol. 27 (3). P. 243–250.

⁷Lukas S.B., DeFrank J., Baldos O.C. Optimization of Waltheria indicaseed dormancy relief treatments and seed storage parameters // *HortScience*. 2016. Vol. 51 (9). P. 1184–1187.

стью № 80⁸ и др. Анализ различных схем механических скарифицирующих устройств показал, что наиболее высокие показатели качества скарификации твердых семян достигаются при движении по абразивной поверхности со скольжением. При этом на качество скарификации семян существенно влияет выбор типа устройства и оптимальное сочетание его конструктивных параметров [8–13].

Для условий северо-востока Российской Федерации с учетом преобладания малых размеров хозяйств годовой объем семян козлятника для большинства из них составляет 1,5–3,0 т. При обработке данного объема семян в течение 2 нед до посева расчетная производительность скарификатора не превышает 0,05 т/ч. В связи с этим разработка скарификатора семян козлятника производительностью до 0,1 т/ч упрощенной конструкции,

позволяющего обеспечить высокое качество скарификации и уменьшить эксплуатационные затраты, является актуальной задачей.

Цель исследования – изучить влияние конструктивных и технологических параметров лабораторного образца ленточного скарификатора производительностью до 0,1 т/ч на качество скарификации твердых семян.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

С учетом выполненного обзора научно-технической литературы авторами разработан эскизный проект и изготовлен лабораторный образец ленточного скарификатора СЛ-0,1 для обработки семян трав с твердой оболочкой производительностью до 0,1 т/ч⁹. Технологическая схема ленточного скарификатора СЛ-0,1 представлена на рис. 1.

Скарификатор создан на базе ленточной шлифовальной машины МШЛ 900Э и со-

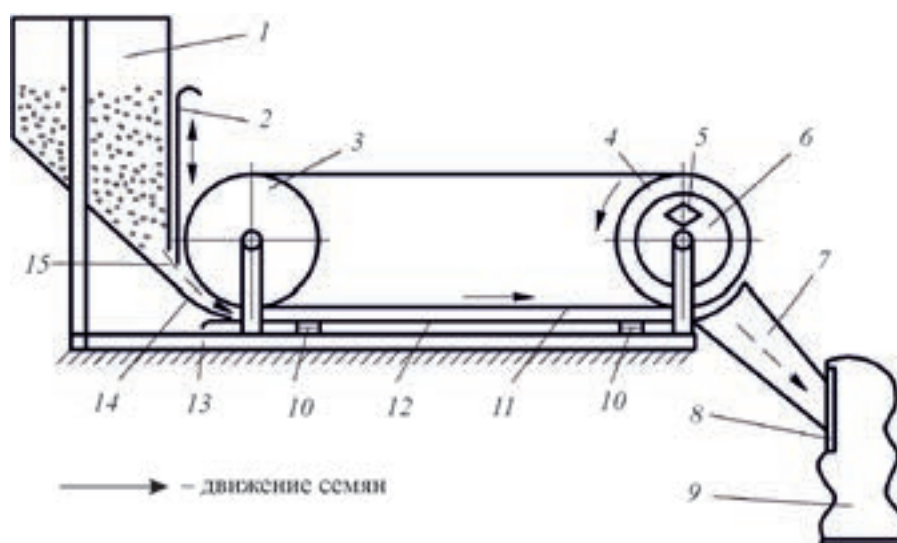


Рис. 1. Технологическая схема ленточного скарификатора СЛ-0,1:

1 – загрузочный бункер; 2 – затвор; 3 – ведомый ролик; 4 – ведущий ролик; 5 – регулятор частоты вращения ведущего ролика; 6 – электропривод; 7 – выходной патрубок; 8 – мешкодержатель; 9 – мешок; 10 – регулятор зазора между опорной и скарифицирующей поверхностями; 11 – скарифицирующая поверхность (шлифовальная лента); 12 – опорная поверхность; 13 – рама; 14 – днище загрузочного бункера; 15 – выходное окно бункера

Fig. 1. Technological scheme of the SL-0.1 belt scarifier:

1 – loading hopper; 2 – damper; 3 – idler roller; 4 – drive roller; 5 – drive roller speed control; 6 – electric drive; 7 – outlet pipe; 8 – bag holder; 9 – bag; 10 – gap regulator between the support and scarifying surfaces; 11 – scarifying surface (sanding belt); 12 – support surface; 13 – frame; 14 – bottom of the loading hopper; 15 – bunker exit window

⁸Мирзаматов Р. Обзор зарубежных способов скарификации и конструкций скарификаторов семян бобовых культур // Иностранный язык в профессиональной коммуникации-12: материалы XII Всерос. науч.-практ. конф. студентов, магистрантов, аспирантов (Уфа, 11–25 мая 2022 г.). Уфа: Башкирский государственный университет, 2022. С. 12–15.

⁹Пат. № 2854981 Ленточный скарификатор Российская Федерация: МКИ А01С 1/00 / А.И. Бурков, А.Л. Глушков, В.А. Лазукин, В.Ю. Мокиев; № 2025104049; заявл. 24. 02. 2025; опубл. 22.01.2026; Бюл. № 3.

держит следующие сборочные единицы и механизмы: загрузочный бункер с затвором, опорную и скарифицирующую поверхности, ведущий и ведомый ролики, выходной патрубок с мешкодержателем, электропривод ведущего ролика с регулятором частоты вращения, раму. Подвижная скарифицирующая поверхность выполнена в виде замкнутой ленты шириной 75 мм и длиной рабочей части 220 мм, покрытой абразивным материалом и установленной с зазором относительно опорной поверхности на входе в 2–3 и на выходе в 1–2 наибольшего размера семян по толщине обрабатываемой культуры. Опорная поверхность выполнена из износостойкого материала с высоким коэффициентом трения и снабжена регуляторами зазора между опорной и подвижной скарифицирующей поверхностями (например, винтовыми механизмами или набором пластин различной толщины). Днище загрузочного бункера установлено под углом естественного откоса семян, нижний конец которого находится над началом опорной поверхности и расположен относительно скарифицирующей поверхности с рабочим зазором. Затвор в исходном положении опущен вниз и перекрывает выходное окно бункера. Выходной патрубок установлен наклонно под углом, необходимым для свободного выхода семян и закреплен на раме. Входное окно патрубка находится в зоне выхода обработанных семян. Нижний конец патрубка снабжен мешкодержателем, к которому крепится мешок.

Скарификатор работает следующим образом. Обрабатываемый материал подают в загрузочный бункер, откуда он при перемещении затвора вверх через выходное окно под действием силы тяжести скатывается по наклонному днищу в зазор между скарифицирующей и опорной поверхностями. При включенном электроприводе лента со скарифицирующей поверхностью, перемещаясь по роликам, захватывает семена и перекачивает их по опорной поверхности в сторону движения ленты со скольжением относительно

обеих поверхностей. Высокий коэффициент трения скольжения и качения опорной поверхности обеспечивает торможение семян и эффективное нанесение на них царапин скарифицирующей поверхностью на протяжении всего пути движения от входа в зазор до выхода из зазора. Этому также способствует некоторое уменьшение зазора на выходе до 1–2 размеров по толщине наиболее крупных семян. Обработанные семена под действием силы инерции выбрасываются в выходной патрубок. Далее семена самотеком поступают в мешок или любую другую тару. Подачу материала регулируют перемещением затвора, изменяя величину выходного окна загрузочного бункера. Скорость движения ленты со скарифицирующей поверхностью изменяют регулятором частоты вращения ведущего ролика. Зазоры между рабочими поверхностями устанавливают с помощью регуляторов.

В связи с оригинальной конструкцией и особенностью технологического процесса предложенного ленточного скарификатора на начальном этапе исследования проведена серия поисковых опытов. Качество технологического процесса скарификации семян оценивали следующими агротехническими показателями: степенью скарификации (C), всхожестью (W), энергией прорастания (E), количеством проросших семян (B), дроблением (d).

При исследовании использовали семена козлятника восточного, предварительно очищенные от крупных, мелких и легких примесей влажностью 13%. Изучали влияние величины зазоров Δ_1 и Δ_2 на входе и выходе между опорной и скарифицирующей поверхностями, скорости ленты (частоты вращения (n_p) ведущего ролика), номера шлифовальной шкурки (зернистости) ленты, вида материала опорной поверхности на показатели технологического процесса скарификации при различных подачах (q) – от 40,9 до 144,0 кг/ч. Экспериментальные исследования проводили в следующей последовательности¹⁰ (см. рис. 2):

¹⁰Бурков А.И., Симонов М.В., Мокиев В.Ю. Определение показателей качества работы скарификаторов семян трав // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2014. № 3. С. 19–20.

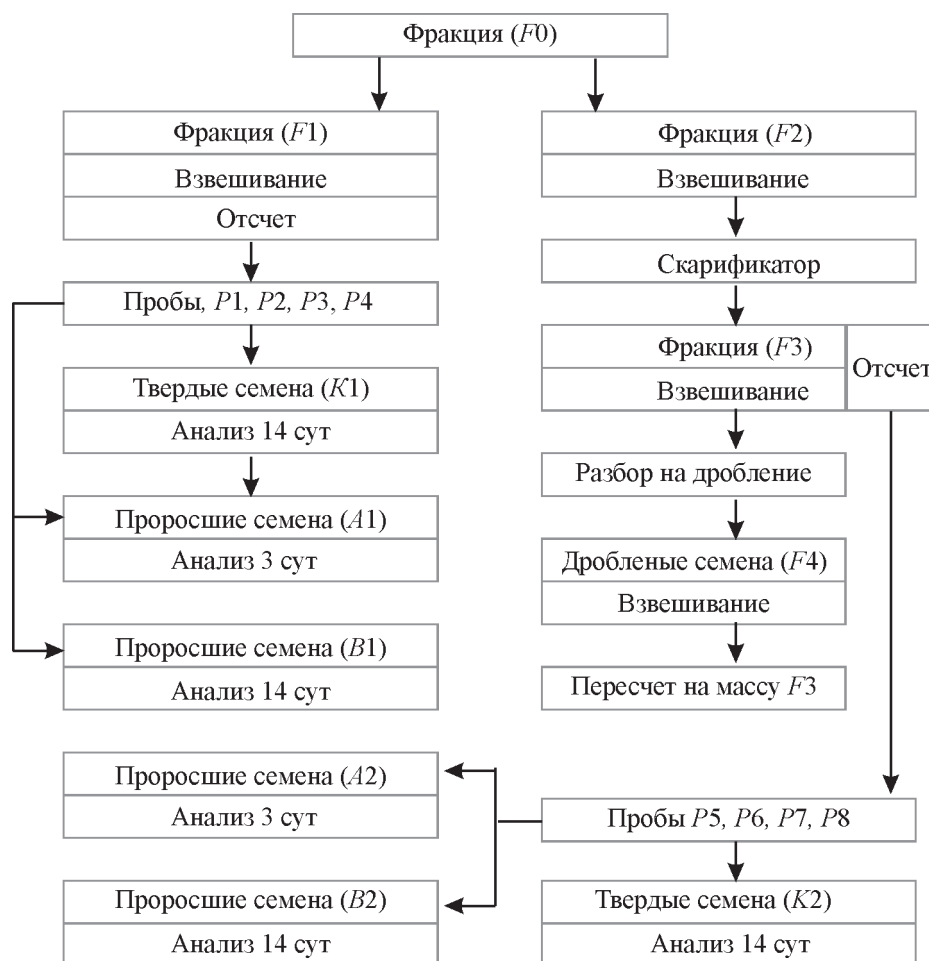


Рис. 2. Схема разбора проб

Fig. 2. Sampling scheme

– изменяли один из параметров скарифицирующего устройства;

– по методике (ГОСТ 13036–85)¹¹ брали две навески $F1$ и $F2$ по 0,5 кг из фракции исходных семян $F0$. Эту процедуру проводили перед каждым опытом;

– из фракции $F1$ отсчитывали пробы $P1, P2, P3, P4$ по 100 семян каждая. Эти пробы использовали для прорастания семян в лабораторных условиях и дальнейшего определения качества посевного материала, в том числе для определения количества твердых семян ($K1$);

– включали в работу скарификатор и проводили скарификацию фракции $F2$;

– обработанный материал (фракция $F3$) взвешивали. Далее из фракции $F3$ снова отсчитывали пробы $P5, P6, P7, P8$ по 100 семян каждая. Эти пробы также проращивали в лабораторных условиях для определения энергии прорастания E , всхожести W , степени скарификации C , количества $A1, A2, B1, B2$ и $K1, K2$ проросших и твердых семян;

– дробление семян рассчитывали по формуле

$$d = \frac{m_{\text{дс}}}{m_{\text{ф3}}} \cdot 100, \% , \quad (1)$$

где $m_{\text{дс}}$ – масса дробленых семян во фракции $F3$, рассчитанная исходя из массы дробленых семян во фракции $F4$ массой 20 г (ГОСТ 12037–81)¹², $m_{\text{ф3}}$ – масса фракции $F3$.

¹¹ГОСТ 12036–85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб. М.: Стандартинформ, 2011. 13 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023361>.

¹²ГОСТ 12037–81. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения чистоты и отхода семян. М.: Стандартинформ, 2011. 19 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023363>.

По ГОСТ 12038–84¹³ методом проращивания семян между фильтровальной бумагой проводили определение энергии прорастания (контроль через 3 сут), всхожести и количества твердых семян (контроль через 14 сут). Для этого семена проб закладывали в чашки Петри между слоями фильтровальной бумаги. Затем пробы *P1–P8* помещали в стабильные лабораторные условия (темнота и температура воздуха 20 °C). На протяжении всего срока анализа фильтровальную бумагу с семенами регулярно смачивали.

Энергию прорастания определяли по формуле

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

где *A* – среднеарифметическое значение количества семян, проросших по истечении 3 сут в пробах *P1–P4* или *P5–P8*, шт., *N* – количество семян, закладываемое в каждой пробе *P1–P8*, шт.

Всхожесть определяли по выражению

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

где *B* – среднеарифметическое значение общего количества семян, проросших по истечении 14 сут в пробах *P1–P4* или *P5–P8*, шт., *K* – среднеарифметическое значение количества твердых семян в пробах *P1–P4* или *P5–P8*, шт.

Степень скарификации отражает изменение количества твердых семян в пробах *P1–P4* и *P5–P8*, т.е. до и после обработки соответственно:

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

где *K₁* – среднеарифметическое значение количества твердых семян в пробах *P1–P4* до обработки, шт., *K₂* – среднеарифметическое значение количества твердых семян в пробах *P5–P8* после обработки, шт.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Однофакторными экспериментами изучено различное сочетание конструктивных параметров: зазоры на входе и выходе между опорной и скарифицирующей поверхностями: $\Delta_1 = \Delta_2 = 1,5; 2,0; 4,0$ мм, $\Delta_1 = 1,5$ мм и

$\Delta_2 = 0,7$ мм; шлифовальная лента – А80, Р40; опорная поверхность – прорезиненная лента толщиной 5 мм, металлическая с поперечными канавками глубиной 0,5 мм, шириной 2,5 мм, с шагом 10 мм – 12 шт., шлифовальная шкурка № 32, транспортерная лента толщиной $t = 5$ мм, в том числе 2 мм – толщина резиновой рабочей поверхности; частота вращения ролика $n_p = 2700, 4400, 6500, 8700, 10\ 700$ мин^{–1}.

В ходе поисковых опытов установлено, что наибольшее влияние на агротехнические показатели ленточного фрикционного скарификатора (энергию прорастания, всхожесть, дробление, количество твердых и проросших семян, степень скарификации) оказывают величина зазоров Δ_1 и Δ_2 на входе и выходе между опорной и скарифицирующей поверхностями, скорость шлифовальной ленты (частота вращения n_p ведущего ролика), вид материала опорной поверхности, номер шлифовальной шкурки (зернистости) ленты. Увеличение подачи материала в изученном диапазоне от 40,9 до 144,0 кг/ч в зависимости от вида материала опорной поверхности по-разному влияет на процесс скарификации. Уменьшение зазоров Δ_1 и Δ_2 , увеличение частоты вращения ведущего ролика и в некоторой степени зернистости ленты повышает значения всех показателей, в том числе и дробление семян. Важную роль играет материал опорной поверхности. Наилучшие показатели процесса скарификации получены на подаче 42,4–45,0 кг/ч при использовании транспортерной ленты, обращенной резиновой поверхностью толщиной 2 мм к шлифовальной шкурке, зазорах на входе 1,5 мм и выходе 0,7 мм и шлифовальной шкурке зернистостью Р40 и частоте вращения ведущего ролика 4400–6500 мин^{–1}, %: $E = 73,0–74,3$, $W = 94,7–94,3$, $d = 1,65–2,52$, $K_2 = 16,7–13,3$, $B_2 = 78,0–81,0$, $C = 62,1–68,8$ (см. таблицу).

Увеличение частоты вращения от 2700 до 10 700 мин^{–1} повышает энергию прорастания семян от 62,3 до 78,7% (исходного материала – 33,3%), общее количество проросших семян от 68,7 до 84,3% (в исходном материа-

¹³ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Стандартинформ, 2011. 29 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200023365>.

Влияние частоты n_p вращения ведущего ролика на агротехнические показатели скарификатора E , W , d , $K2$, $B2$, C и подачу q
Influence of the speed n_r of rotation of the driving roller on the agrotechnical characteristics of the scarifier E , W , d , $K2$, $B2$, C and the supply q

Показатель	Вариант					Исходный материал
	1	2	3	4	5	
Частота вращения ролика (n_p), мин ⁻¹	2700	4400	6500	8700	10700	
Подача (q), кг/ч	40,0	42,4	45,0	45,0	46,5	
Количество твердых семян ($K1$, $K2$), %	25,3	16,7	13,3	14,0	6,0	42,7
Количество проросших семян ($B1$, $B2$), %	68,7	78,0	81,0	80,0	84,3	50,7
Степень скарификации (C), %	40,6	62,1	68,8	67,2	85,9	
Дробление (d), %	1,25	1,65	2,52	2,53	2,66	0
Энергия прорастания (E), %	62,3	73,0	74,3	68,3	78,7	33,3
Всхожесть (W), %	94,0	94,7	94,3	94,0	90,3	93,3

ле – 50,7%), снижает количество твердых семян от 25,3 до 6,0% (в исходном материале – 42,7%). Соответственно повышается и степень скарификации семян от 40,6 до 85,9%. При этом дробление семян возрастает от 1,25 до 2,66%. Увеличение частоты вращения в отмеченных пределах способствует некоторому повышению пропускной способности (подачи) скарификатора – от 40,0 до 46,5 кг/ч.

ВЫВОДЫ

1. В результате поисковых опытов установлено, что наибольшее влияние на агротехнические показатели ленточного скарификатора – энергию прорастания, всхожесть, дробление, количество твердых и проросших семян, степень их скарификации – оказывают конструктивные параметры: величина зазоров на входе и выходе между опорной и скарифицирующей поверхностями, скорость шлифовальной ленты (частота вращения ведущего ролика), вид материала опорной поверхности, а также подача материала.

2. На основании полученных сведений сделан вывод о целесообразности продолжения исследований ленточного скарификатора СЛ-0,1 с использованием метода планирования эксперимента при подачах $q = 70$ – 100 кг/ч, частоте вращения ведущего ролика 6000 – 9000 мин⁻¹, шлифовальной ленте Р40, зазорах на входе $\Delta_1 = 1,5$ мм и выходе $\Delta_2 = 0,7$ мм, опорной поверхности из транспортной ленты, а также из технической резины различной толщины и плотности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Żarczyński P. J., Sienkiewicz S., Wierzbowska J., Krzebietke S.J. Fodder Galega – A Versatile Plant // *Agronomy*. 2021. Vol. 11 (9). P. 1797. DOI: 10.3390/agronomy11091797.
2. Пак Л.Н., Иванов Д.А., Рублюк М.В. Многолетние травы семейства Бобовые (*Fabaceae* L.) как основная база развития кормопроизводства Нечерноземья (обзор) // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2024. Т. 25. № 5. С. 754–769. DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.5.754-769.
3. Ignaczak S., Andrzejewska J., Sadowska K. Fodder Galega – Persistence as a Special Asset in Sustainable Agriculture // *Agronomy*. 2023. Vol. 13 (10). P. 2587. DOI: 10.3390/agronomy13102587.
4. Jarrar H., Ali El-Keblawy, Chaouki Ghenai, Abhilash P.C., Amit Kumar Bundela, Zainul Abideen, Mohamed S. Seed enhancement technologies for sustainable dryland restoration: Coating and scarification // *Science of The Total Environment*. 2023. N 904. P. 166150. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.166150.
5. Рожков Г.А., Перекопский А.Н. Влияние скарификации на прочность поверхности семян бобовых трав // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021. № 5 (107). DOI: 10.23670/IRJ.2021.107.5.010.
6. Рожков Г.А., Перекопский А.Н. Повышение эффективности предпосевной обработки семян бобовых трав // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2021. № 6 (108). DOI: 10.23670/IRJ.2021.108.6.013.
7. Чугунов С.В., Рожков Г.А. Обзор устройств для вытирания и скарификации семян трав //

- Журнал передовых исследований в области естествознания. 2020. № 9. С. 60–62. DOI: 10.26160/2572-4347-2020-9-60-62.
8. Хасанов Э.Р., Мирзаматов Р.Р., Якупов А.М., Ямалетдинов М.М. Разработка и обоснование скарификатора с конусным диском для семян бобовых культур // Вестник Казанского ГАУ. 2023. № 3 (71). С. 102–110. DOI: 10.12737/2073-0462-2023-102-110.
 9. Кишикаткин С.А., Аленин П.Г., Воронова И.А., Карпов Н.А., Коннов И.А., Светличкина К.С. Скарификатор для предпосевной обработки семян бобовых трав // Нива Поволжья. 2021. № 3 (60). С. 126–134. DOI: 10.36461/NP.2021.60.3.015.
 10. Шевченко А.П., Бегунов М.А., Коваль В.С., Коростелев Д.Н. Теоретические и экспериментальные исследования пневматического скарификатора // Вестник Омского ГАУ. 2022. № 4 (48). С. 223–230. DOI: 10.48136/2222-0364_2022_4_223.
 11. Oidov A., Sukhee B., Agvaantseren T. Some Results of the Experiment on Scarification of Seeds of Forage Legume (the Sample of Alfalfa Seeds) // World Science. 2023. Vol. 2 (80). DOI: 10.31435/rsglobal ws/30062023/7981.
 12. Бурков А.И., Глушков А.Л., Лазыкин В.А., Мокиев В.Ю. Определение оптимальных режимов работы клеверотерки-скарификатора КС-0,3П в режиме скарификации // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. № 24 (6). С. 1049–1056. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.6.1049-1056.
 13. Кишикаткин С.А., Коновалов В.В., Аленин П.Г., Воронова И.А., Коннов И.А., Соменов Е.М. Лабораторные исследования скарификатора-инокулятора для предпосевной обработки семян многолетних бобовых трав // Нива Поволжья. 2023. № 4 (68). С. 3002. DOI: 10.36461/NP.2023.68.4.019
 - vol. 25, no. 5, pp. 754–769. (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.2024.25.5.754-769.
 3. Ignaczak S., Andrzejewska J., Sadowska K. Fodder Galega – Persistence as a Special Asset in Sustainable Agriculture. *Agronomy*, 2023, vol. 13 (10), p. 2587. DOI: 10.3390/agronomy13102587.
 4. Jarrar H., Ali El-Keblawy, Chaouki Ghenai, Abhilash P.C., Amit Kumar Bundela, Zainul Abideen, Mohamed S. Seed enhancement technologies for sustainable dryland restoration: Coating and scarification. *Science of The Total Environment*, 2023, no. 904, p. 166150. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.166150.
 5. Rozhkov G.A., Perekopskij A.N. On the effect of scarification on the surface strength of legume seeds. *Mezhdunarodny`j nauchno-issledovatel'skij zhurnal = International Research Journal*, 2021, no. 5 (107). (In Russian). DOI: 10.23670/IRJ.2021.107.5.010.
 6. Rozhkov G.A., Perekopskij A.N. Improving the efficiency of pre-sowing treatment of legume seeds. *Mezhdunarodny`j nauchno-issledovatel'skij zhurnal = International Research Journal*, 2021, no. 6 (108). (In Russian). DOI: 10.23670/IRJ.2021.108.6.013.
 7. Chugunov S.V., Rozhkov G.A. Review of devices for drying and scarification of seeds of grasses. *Zhurnal peredovy`x issledovanij v oblasti estestvoznaniya = Journal of Advanced Research in Natural Science*, 2020, no. 9, pp. 60–62. (In Russian). DOI: 10.26160/2572-4347-2020-9-60-62.
 8. Xasanov E.R., Mirzamатов R.R., Yakupov A.M., Yamaletdinov M.M. Development and justification of a scarifier with a cone-disk for bean seeds. *Vestnik Kazanskogo GAU = Vestnik of Kazan State Agrarian University*, 2023, no. 3 (71), pp. 102–110. (In Russian). DOI: 10.12737/2073-0462-2023-102-110.
 9. Kshnikatkin S.A., Alenin P.G., Voronova I.A., Karpov N.A., Konnov I.A., Svetlichkina K.S. Scarifier for the pre-sowing treatment of leguminous grass seeds. *Niva Povolzh'ya = Volga Region Farmland*, 2021, no. 3 (60), pp. 126–134. (In Russian). DOI: 10.36461/NP.2021.60.3.015.
 10. Shevchenko A.P., Begunov M.A., Koval' V.S., Korostelev D.N. Theoretical and experimental studies of the pneumatic scarifier. *Vestnik Omskogo GAU = Vestnik of Omsk SAU*, 2022, no. 4 (48), pp. 223–230. (In Russian). DOI: 10.48136/2222-0364_2022_4_223.
 11. Oidov A., Sukhee B., Agvaantseren T. Some Results of the Experiment on Scarification of

REFERENCES

1. Żarczyński P. J., Sienkiewicz S., Wierzbowska J., Krzebietke S.J. Fodder Galega – A Versatile Plant. *Agronomy*, 2021, vol. 11 (9), p. 1797. DOI: 10.3390/agronomy11091797/
2. Pak L.N., Ivanov D.A., Rublyuk M.V. Perennial grasses of the legume family (Fabaceae L.) – as the main basis for the development of fodder production in the Non-Black Earth region (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2024,

- Seeds of Forage Legume (the Sample of Alfalfa Seeds). *World Science*, 2023, no. 2 (80). DOI: 10.31435/rsglobal ws/30062023/7981.
12. Burkov A.I., Glushkov A.L., Lazy'kin 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, no. 24 (6), pp. 1049–1056. (In Russian). DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.6.1049-1056.
13. Kshnikatkin S.A., Konovalov V.V. Alenin P.G., Voronova I.A., Konnov I.A., Somov E.M. Laboratory studies on the scarifier-inoculator for the pre-sowing treatment of seeds of perennial legume grasses. *Niva Povolzh'ya = Volga Region Farmland*, 2023, no. 4 (68), p. 3002. (In Russian). DOI: 10.36461/NP.2023.68.4.019.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Бурков Александр Иванович**, главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор; SPIN-код 6469-1959; **адрес для переписки**: Россия, 610007, Киров, ул. Ленина, 166а; e-mail: burkov.46@mail.ru

Глушков Андрей Леонидович, заведующий лабораторией, кандидат технических наук; SPIN-код 6378-8155

Лазыкин Виктор Алексеевич, научный сотрудник, кандидат технических наук; SPIN-код 2180-6764

Мокиев Валентин Юрьевич, научный сотрудник, кандидат технических наук; SPIN-код 2330-1404

AUTHOR INFORMATION

✉ **Alexander I. Burkov**, Head Researcher, Doctor of Science in Engineering, Professor; SPIN-code 6469-1959; **address**: 166a, Lenina St., Kirov, 610007, Russia; e-mail: burkov.46@mail.ru

Andrey L. Glushkov, Laboratory Head, Candidate of Science in Engineering; SPIN-code 6378-8155

Victor A. Lazykin, Researcher, Candidate of Science in Engineering; SPIN-code 2180-6764

Valentin Yu. Makiev, Researcher, Candidate of Science in Engineering; SPIN-code 2330-1404

Дата поступления статьи / Received by the editors 04.02.2026
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 01.04.2026
Дата публикации / Published 10.08.2026