

Научная статья

УДК 631.363.285

EDN ZBTCCL

<https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-1-90-96>

Параметры двухшнекового пресса для обезвоживания зеленых растений

Виктор Викторович Садов¹, Сергей Анатольевич Сорокин²^{1,2} Алтайский государственный аграрный университет, Алтайский край, Барнаул, Россия¹ sadov.80@mail.ru, ² sorokin_sg@mail.ru

Аннотация. Производство высококачественных кормов требует новых технических и технологических решений для поиска вариантов по повышению их питательности. Одним из возможных направлений выступает получение сока из зеленых растений с дальнейшим его использованием в качестве кормовой добавки за счет большого количества ценных питательных элементов. Используемые в настоящее время прессы показали низкую эффективность процесса за счет недостаточного сжатия материала внутри камеры. На основе ранее проведенных теоретических исследований, предложенных конструктивных решений, полученных результатов производственного применения было принято решение о кардинальном изменении подхода к процессу прессования. На основе теоретических исследований было доказано, что усилие отжатия в двухшнековом прессе при межвитковом взаимодействии будет больше, чем в одношнековой конструкции. Предложено новое техническое решение, обеспечивающее раздавливание материала в межвитковом пространстве первого шнека витками второго шнека и дальнейшее уплотнение материала с возможностями максимального отжатия клеточного сока и регулирования плотности жома внутри камеры. При этом материал проходит первоначальное измельчение и превращение в пасту зубчатыми колесами, передающими момент от привода на шнеки. Для обеспечения производства шнековой пары, совмещенной с цилиндрической зубчатой передачей внешнего зацепления, произведен расчет основных параметров зубчатой передачи в целях обеспечения постоянного минимального зазора между витками шнековой пары, предотвращающего их касание. Предлагаемая компоновка обеспечивает повышение производительности за счет увеличенной площади перфорированной поверхности при неизменных кинематических параметрах, а также недопущение пенообразования.

Ключевые слова: пресс, процесс прессования, технология прессования, зеленые растения, обезвоживание, сок растений, кормовая добавка, плотность отжатия

Для цитирования: Садов В. В., Сорокин С. А. Параметры двухшнекового пресса для обезвоживания зеленых растений // Дальневосточный аграрный вестник. 2026. Том 20. № 1. С. 90–96. <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-1-90-96>.

Original article

Parameters of a double-screw press for dehydrating green plants

Viktor V. Sadov¹, Sergey A. Sorokin²^{1,2} Altai State Agricultural University, Altai krai, Barnaul, Russian Federation¹ sadov.80@mail.ru, ² sorokin_sg@mail.ru

Abstract. The production of high-quality feeds requires an increase in their nutritional value based on new technical and technological solutions. One of the ways to solve this problem is to obtain juice from green plants with its further use as a feed additive. The presses used showed low process efficiency due to insufficient compression of the material inside the chamber. Based on theoretical studies, it has been proved that the squeezing force in a twin-screw press during inter-turn interaction will be greater than in a single-screw design. A new technical solution is

proposed that ensures the crushing of the material in the inter-screw space of the first screw by the coils of the second screw and further compaction of the material with the possibility of maximum squeezing of cell juice and regulating the density of pulp inside the chamber. In this case, the material is initially crushed and turned into a paste by gears that transfer the torque from the drive to the screws. To ensure the production of a screw pair combined with a cylindrical gear train of external engagement, the main parameters of the gear train were calculated to ensure a constant minimum gap between the turns of the screw pair, preventing them from touching. The proposed development will improve productivity due to the increased area of the perforated surface with constant kinematic parameters. It will also ensure that foaming is prevented.

Keywords: press, pressing process, pressing technology, green plants, dehydration, plant juice, feed additive, pressing density

For citation: Sadov V. V., Sorokin S. A. Parameters of a double-screw press for dehydrating green plants. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik*. 2026;20;1:90–96 (in Russ.). <https://doi.org/10.22450/1999-6837-2026-20-1-90-96>.

Введение. Производство высококачественных кормов необходимо для обеспечения требуемых показателей продуктивности животных и получения продукции. Дефицитным компонентом в рационе является протеин, а зеленые растения являются богатым его источником. Одним из направлений в данной области может служить получение сока и жмыха зеленых растений в летний период и дальнейшего использования этих компонентов или полученных на их основе кормовых добавок в рационах животных.

Теоретическими исследованиями вопросов отжима сока из зеленых растений занимались Ю. В. Белов, Ю. Богуславский, В. Ю. Валушис, И. А. Долгов, А. М. Завражнов, Ю. Ф. Новиков, А. А. Панасенко, В. Н. Савиных, В. И. Фомин и др.

Наибольшее распространение получили различные конструкции прессов, однако в процессе работы они выделяют до 45–55 % сока, что позволяет получить жом с влажностью 62–68 % [1–3]. Для увеличения образования внутриклеточного сока и снижения влажности жома существующие конструкции не могут достичь достаточного давления, создаваемого на материал в камере. Одним из возможных способов его увеличения является использование двухшнекового пресса с малой площадью межвиткового пространства.

Цель работы – теоретическое обоснование плотности отжимаемого материала двухшнековым прессом.

Материалы и методы исследования. Процесс обезвоживания растительного сырья (сокоотжимания) объемным сжатием рассмотрен многими авторами и

в каждой теории есть свои особенности. Воспользуемся подходом к решению задачи определения эффективности отжима сока с учетом ранее проведенных теоретических исследований [4–11].

Для определения конструктивно-кинематических параметров и характеристик технологического режима введем ряд допущений:

- 1) общий объем винтовых каналов не зависит от числа заходов шнековой пары;
- 2) давление является лишь функцией расстояния вдоль оси шнеков;
- 3) коэффициент трения не зависит от давления;
- 4) центробежные силы являются незначительными.

Используем определение величины массы (1):

$$m = \rho \cdot V \quad (1)$$

где ρ – плотность обрабатываемой массы, кг/м³;

V – объем массы, м³.

Запишем выражение (1) в дифференциальной форме:

$$\frac{d}{dt}(m) = \frac{d}{dt}(\rho \cdot V), \quad (2)$$

$$\frac{dm}{dt} = \frac{d\rho}{dt} \cdot V + \rho \frac{dV}{dt}$$

где m – масса исходного материала, кг;

ρ – текущее значение плотности материала, кг/м³;

V – объем материала, м³;

t – время, с.

В выражении (2) величина $(dp/dt) \cdot V$ показывает изменение массы за счет изменения плотности при постоянном объеме, а величина $\rho \cdot (dV/dt)$ характеризует изменение массы за счет изменения объема при постоянной плотности.

Заметим, что в моделируемом открытом технологическом процессе, где масса может поступать и уходить, ни один из перечисленных параметров правой части не может принимать нулевое значение.

Для последующих преобразований воспользуемся выражением (3) [12]:

$$\frac{\rho_{\infty} - \rho}{\rho_{\infty} - \rho_0} = \exp(-c_1 \cdot p_t) \quad (3)$$

где ρ_{∞} – предельное значение плотности спрессованной массы;

ρ – плотность массы, определяемая при текущем давлении;

ρ_0 – начальная плотность массы;

c_1 – эмпирический коэффициент, м²/Н;

ρ_t – текущее значение плотности.

Продифференцируем выражение (3) для определения динамики процесса. При этом возникает сложность, обусловленная наличием экспоненциального члена в правой части. Это затрудняет практическое применение формулы. В целях упрощения расчетов допустимо заменить экспоненту двумя первыми членами соответствующего функционального ряда. В результате преобразования итоговое выражение принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} \rho \frac{dV}{de} \cdot v = W &= c_1(\rho_{\infty} - \rho_0) \cdot V \cdot \frac{dp_t}{de} \cdot v, \\ \rho &= \frac{W}{v} - c_1(\rho_{\infty} - \rho_0) \cdot V \cdot \frac{dp_t}{de} \end{aligned} \quad (4)$$

В выражении (4) W вводим как результат замены экспоненты $\exp(-c_1 \cdot p_t)$ на приближенное выражение через функциональный ряд Тейлора, усеченный до первых двух членов. Это выполняется для того, чтобы избежать сложностей дифференцирования экспоненты в численных расчетах.

Преобразуя выражение (4), получим зависимость (5):

$$\begin{aligned} \rho_{\infty} - \rho &= (\rho_{\infty} - \rho_0) - c_1(\rho_{\infty} - \rho_0) \cdot p_t \rightarrow \\ &\rightarrow \rho = \rho_0 + c_1(\rho_{\infty} - \rho_0) \cdot p_t, \\ \Delta\rho &= c_1(\rho_{\infty} - \rho_0) \cdot p_t \end{aligned} \quad (5)$$

На рисунке 1 по принятым допущениям схематично изображены два взаимодействующих шнека с действующими в межвитковом пространстве силами.

В роли внешней силы примем силу реакции фронтальной части витка шнека на динамический напор материала обрабатываемой массы:

$$H_{\text{дин}} = \frac{\rho v^2}{2} \quad (6)$$

где v – скорость массы сжимаемого материала в нормальном направлении, м/с.

Изменение плотности материала по ходу движения, по длине шнека считаем асимптотически-монотонно возрастающим, стремящимся к ρ_{∞} (максимально сжатому состоянию). Скорость движения массы принимаем постоянной.

При аппроксимации нелинейной зависимости плотности по длине шнека кусочно-линейной функцией с интервалами линейности, равными расстоянию между витками шнека, получим следующие выражения, отражающие соответственно:

1) силу динамического напора от витка первого шнека в случае давления торца второго шнека;

2) силу динамического напора самого торца второго шнека;

3) силу динамического напора от витка первого шнека в случае отсутствия давления торца второго шнека.

$$\left. \begin{aligned} \Delta\bar{F}_1 &= \rho_1 \frac{v^2}{2} \Delta S_1 \\ \Delta\bar{F}'_1 &= \rho'_1 \frac{v^2}{2} \Delta S'_1 \\ \Delta\bar{F}_2 &= \rho_2 \frac{v^2}{2} \Delta S_2 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

где ρ_1, ρ'_1, ρ_2 – соответствующие указанным силам плотности массы в области контакта, кг/м³;

$\Delta S_1, \Delta S'_1, \Delta S_2$ – соответствующие указанным силам площади контактной поверхности, м².

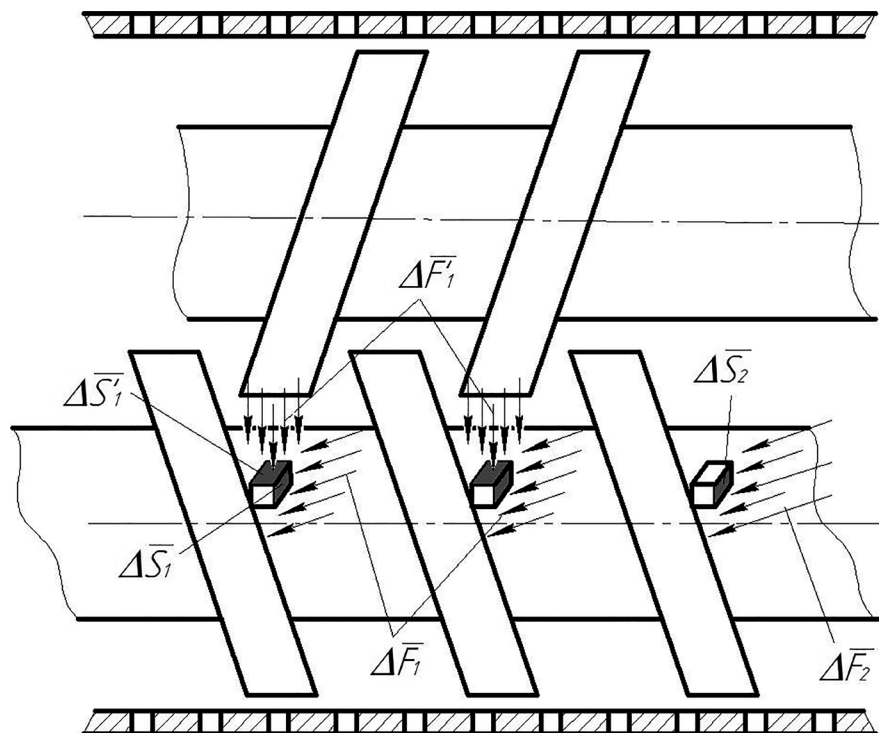


Рисунок 1 – Давления на элементарную площадку в двухшнековом прессе
 Figure 1 – Pressure on an elementary platform in a double-screw press

Плотность массы в месте контакта с витками шнека выразим при помощи соотношений (8) и (9):

$$\rho'_1 = \rho_1 \cdot k_1, \tag{8}$$

$$\rho'_2 = \rho_2 \cdot k_2 \tag{9}$$

где k_1, k_2 – коэффициенты повышения плотности.

Поскольку в процессе соковыделения изменение плотности имеет характер монотонного асимптотического возрастания, то коэффициенты имеют следующие отношения:

$$k_1 > 1; k_2 > 1; \rightarrow k_1 < k_2 \tag{10}$$

Тогда действие массы материала на элементарный объем составит:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta\bar{F}_1 + \Delta\bar{F}'_1}{\Delta\bar{F}_2} &= \frac{\rho_1 \frac{v^2}{2} \Delta S_1 + \rho'_1 \frac{v^2}{2} \Delta S'_1}{\rho_2 \frac{v^2}{2} \Delta S_2} = \\ &= \frac{\rho_1 + \rho'_1 \cdot k_1}{\rho_2 \cdot k_2} = \frac{1 + k_1}{k_2} > 1 \end{aligned} \tag{11}$$

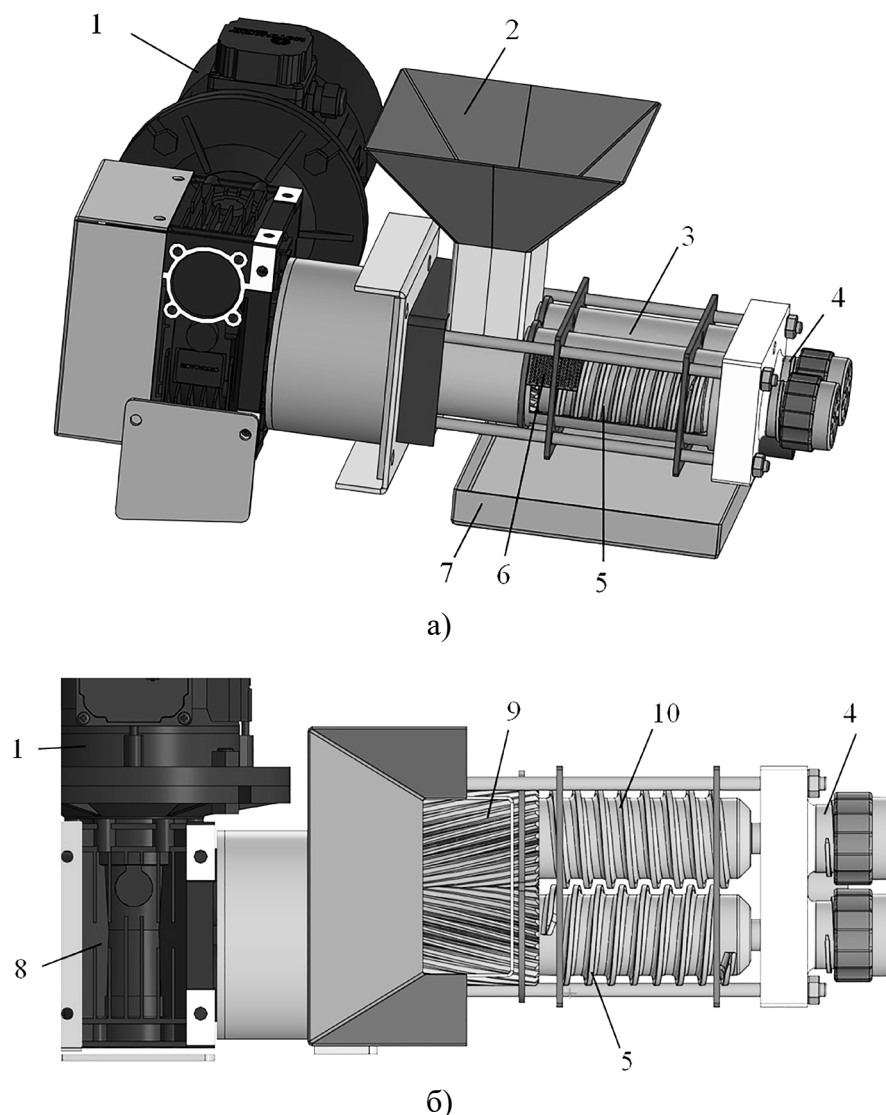
Результаты исследований и их обсуждение. Согласно проведенному теоретическому обоснованию видно, что активные силы, сжимающие объемы материала при наличии второго шнека, превосходят аналогичную силу сдавливания при использовании одиночного шнека.

Такое положение однозначно показывает эффективность отжатия сока и наилучшим образом будет влиять на технологический процесс.

Для проведения экспериментальных исследований и проверки теоретических изысканий разработана конструкция двухшнекового пресса (рис. 2).

Данная компоновка имеет перфорированную поверхность, охватывающую шнеки, которая в 1,75–1,85 раза больше по площади одношнековой конструкции.

При этом особое значение в конструкции имеет зубчатая пара, обеспечивающая измельчение в пастообразное состояние зеленой массы и привод шнеков на встречу друг другу. Это требует высокоточных параметров зубчатых колес для обеспечения постоянного зазора между витками шнековой пары, предотвращающего их касание.



1 – электродвигатель; 2 – загрузочный бункер; 3 – корпус; 4 – патрубки для жмыха;
5 – ведущий шнек; 6 – перфорирующая поверхность; 7 – лоток для сока; 8 – редуктор;
9 – зубчатое колесо; 10 – ведомый шнек

1 – electric motor; 2 – loading hopper; 3 – housing; 4 – cake outlets; 5 – leading screw;
6 – perforated surface; 7 – juice tray; 8 – gearbox; 9 – gear wheel; 10 – driven screw

Рисунок 2 – 3D-модель двухшнекового пресса а) и шнековой пары б)

Figure 2 – 3D model of a double-screw press a) and a screw pair б)

Заключение

1. Двухшнековый пресс позволяет повысить степень сжатия материала за счет межвиткового взаимодействия по отношению к одинарному шнеку при прочих равных условиях.

2. Сдвоенные шнеки за счет большей перфорированной поверхности дают увеличение пропускной способности жид-

кости в 1,75–1,85 раза без увеличения скорости вращения, что важно при противостоянии пенообразованию.

Таким образом, предлагаемая конструкция двухшнекового пресса обеспечивает повышение производительности за счет увеличенной площади перфорированной поверхности при неизменных кинематических параметрах.

Список источников

1. Ковальчук А. Н., Матюшев В. В., Селиванов А. П., Смирнов В. Л., Долбаненко В. М. Нетрадиционные технологии заготовки кормов в Сибири : монография. Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2010. 343 с. EDN QLBMQX.
2. Уланов Б. П., Фомин В. И. Производство белкового концентрата из сока зеленых растений. М. : Всесоюзный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по сельскому хозяйству, 1976. 102 с.
3. Фомин В. И. Влажное фракционирование зеленых кормов. Ростов-на-Дону : Ростовский-на-Дону институт сельскохозяйственного машиностроения, 1978. 160 с.
4. Доценко С. М., Школьников П. Н., Ковалева Л. А., Школьников М. А. Обоснование технологических подходов к повышению эффективности системы приготовления кормовых продуктов // АгроЭкоИнфо. 2022. № 2 (50). EDN CBCCIN.
5. Цугленок Н. В., Матюшев В. В. Рекомендации по повышению эффективности использования технологий и технических средств производства экологически безопасных обезвоженных кормов. Красноярск : Красноярский государственный аграрный университет, 2004. 60 с. EDN GHYDGR.
6. Яковлев Д. А. Рационализация шнекового рабочего органа для отжима сока из зеленых растений // Вестник Донского государственного технического университета. 2010. Т. 10. № 4. С. 556–559. EDN NBRXUP.
7. Новиков В. В., Ермолаева Д. Р., Грецов А. С. Определение линейной зависимости плотности от давления в конусном двухзаходном шнеке // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (60). С. 92–95. EDN WJUMWT.
8. Корякина М. А., Шахов В. А., Козловцев А. П. Структурно-параметрический синтез шнекового экструдера для отжима рапса : монография. Оренбург : Оренбургский государственный аграрный университет, 2016. 212 с. EDN YNPDFJ.
9. Shkolnikov P., Drobyshev P., Vishnevsky A., Shkolnikova M., Samvelyan A. Improving the efficiency of the preparation of a protein-carbohydrate feed additive by using soy grains // AgroEkoInfo. 2024. Vol. 6. No. 66.
10. Воякин С. Н., Доценко С. М., Вишневецкий А. Н. Технологические основы процессов и технических средств получения высокобелкового гранулята для птицы на основе сырья животного и растительного происхождения : монография. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2014. 283 с. EDN HVPEGQ.
11. Коновалов В. В., Новиков В. В., Беляев Д. В., Иноземцева Л. В. Определение подачи цилиндрического шнекового пресса // Нива Поволжья. 2010. № 2. EDN NSIYID.
12. Груздев И. Э., Мирзоев Р. Г., Янков В. И. Теория шнековых устройств. Л. : Ленинградский государственный университет, 1987. 144 с.

References

1. Kovalchuk A. N., Matyushev V. V., Selivanov A. P., Smirnov V. L., Dolbanenko V. M. *Unconventional feed harvesting technologies in Siberia: monograph*, Krasnoyarsk, Krasnoyarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2010, 343 p. EDN QLBMQX (in Russ.).
2. Ulanov B. P., Fomin V. I. *Production of protein concentrate from green plant juice*, Moscow, Vsesoyuznyi nauchno-issledovatel'skii institut informatsii i tekhniko-ekonomicheskikh issledovaniy po sel'skomu khozyaistvu, 1976, 102 p. (in Russ.).
3. Fomin V. I. *Wet fractionation of green forages*, Rostov-on-Don, Rostovskii-na-Donu institut sel'skokhozyaistvennogo mashinostroeniya, 1978, 160 p. (in Russ.).
4. Dotsenko S. M., Shkolnikov P. N., Kovaleva L. A., Shkolnikova M. A. Justification of technological approaches to improving the efficiency of feed product preparation systems. *AgroEkoInfo*, 2022;2(50). EDN CBCCIN (in Russ.).
5. Tsuglenok N. V., Matyushev V. V. *Recommendations for improving the efficiency of using technologies and technical means for producing environmentally safe dehydrated feed*, Krasnoyarsk, Krasnoyarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2004, 60 p. EDN GHYDGR (in Russ.).

6. Yakovlev D. A. Rationalization of the auger working element for squeezing juice from green plants. *Vestnik Donskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*, 2010;10;4:556–559. EDN NBRXUP (in Russ.).

7. Novikov V. V., Ermolaeva D. R., Gretsov A. S. Determination of the linear dependence of density on pressure in a conical two-pass screw. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2016;4(60):92–95. EDN WJUMWT (in Russ.).

8. Koryakina M. A., Shakhov V. A., Kozlovtshev A. P. *Structural and parametric synthesis of a screw extruder for pressing rapeseed: monograph*, Orenburg, Orenburgskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2016, 212 p. EDN YNPDFJ (in Russ.).

9. Shkolnikov P., Drobysh P., Vishnevsky A., Shkolnikova M., Samvelyan A. Improving the efficiency of the preparation of a protein-carbohydrate feed additive by using soy grains. *AgroEkoInfo*, 2024;6;66.

10. Voyakin S. N., Dotsenko S. M., Vishnevsky A. N. *Technological foundations of processes and technical means for obtaining high-protein granules for poultry based on raw materials of animal and plant origin: monograph*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2014, 283 p. EDN HVPEGQ (in Russ.).

11. Konovalov V. V., Novikov V. V., Belyaev D. V., Inozemtseva L. V. Determination of the feed rate of a cylindrical screw press. *Niva Povolzhya*, 2010;2. EDN NSIYID (in Russ.).

12. Gruzdev I. E., Mirzoev R. G., Yankov V. I. *Theory of screw devices*, Leningrad, Leningradskii gosudarstvennyi universitet, 1987, 144 p. (in Russ.).

© Садов В. В., Сорокин С. А., 2026

Статья поступила в редакцию 16.02.2026; одобрена после рецензирования 13.03.2026; принята к публикации 16.03.2026.

The article was submitted 16.02.2026; approved after reviewing 13.03.2026; accepted for publication 16.03.2026.

Информация об авторах

Садов Виктор Викторович, доктор технических наук, доцент, Алтайский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0335-9436>, AuthorID: 427073, sadov.80@mail.ru;

Сорокин Сергей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, Алтайский государственный аграрный университет, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1016-6804>, AuthorID: 1108537, sorokin_sg@mail.ru

Information about the authors

Viktor V. Sadov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Altai State Agricultural University, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0335-9436>, Author ID: 427073, sadov.80@mail.ru;

Sergey A. Sorokin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Altai State Agricultural University, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1016-6804>, Author ID: 1108537, sorokin_sg@mail.ru

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.