

8. Svistula, A. E. Ocenka utechek topliva v precizionnyh sopryazheniyah toplivnoj apparatury dizelya / A. E. Svistula, K. V. Kovalenko, D. A. SHCHerbakov // *Альтернативные транспортные технологии*. – 2018. – Т.5. – №1 (8). – С.357-361.
9. Fajnlejb, B. N. Toplivnaya apparatura avtotraktornyh dizelej: Spravochnik / B. N. Fajnlejb. – Leningrad : Mashinostroenie. Leningr. otd-nie, 1990 – 352 s.
10. CHvanov, K. R. Sovremennye podhody k ocenke tekhnicheskogo sostoyaniya dizel'noj toplivnoj apparatury / K. R. CHvanov // *Управление рисками в АПК*. – 2016. – №7. – С.13-19.
11. Brady, R.N. Diesel Fuel System // Reston Publishing Inkorporated. – 1981. – 564 p.

#### **Information about authors**

1. **Dobrokhotov Yuri Nikolaevich**, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Service, Chuvash State Agrarian University; 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: Dobrokhotov47@mail.ru, tel. 8-919-674-25-54;
2. **Andreev Roman Viktorovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, Chuvash State Agrarian University; 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: rv\_andreev@mail.ru, tel. 89278586082;
3. **Ivanshchikov Yuri Vasilevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technical Service, Chuvash State Agrarian University; 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: iuv53@mail.ru, tel. 8-927-864-00-63.

УДК 636.084.74

DOI:

### **ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОНСТРУКЦИИ ДОЗАТОРА СТЕБЕЛЬНЫХ КОРМОВ НА ФЕРМАХ КРС**

**С. П. Зайцев, П. В. Зайцев, С. Н. Мардарьев**  
*Чувашский государственный аграрный университет*  
 428003, Чебоксары, Российская Федерация

**Аннотация.** Наиболее эффективными направлениями технического прогресса в механизации животноводства являются: совершенствование выпускаемой сельскохозяйственной техники, повышение технологической надежности конструкций машин и их долговечности. Состояние здоровья и продуктивность животных зависят не только от качественной технологии обработки кормовых материалов, но и своевременной доставки и дозированной выдачи готовой кормовой смеси. Для этой технологии в животноводстве используют мобильные раздатчики и стационарные питатели кормов, имеющие похожую конструкцию, состоящую из бункера, внутри которого находится продольный транспортер с пульсирующей подачей от храпового механизма, кормоотделителя битерного или транспортерного типов и выгрузного транспортера. Важное значение в увеличении производства продуктов животноводства и снижения их себестоимости имеет экономное, разумное расходование кормов в животноводстве. Исследование и практическое наблюдение показали, что дозирующие устройства питателей и раздатчиков кормов распределяются по длине кормления со значительной неравномерностью – 18...22%, вместо нормативных до 10...12% по зоотехническим требованиям. В связи с этим ведутся работы по улучшению дозаторов, позволяющих снизить неравномерность дозирования кормов и энергоемкость технологического процесса до зоотехнических требований. Питатели стебельных кормов можно подразделить: по виду дозируемых кормов, по способу подачи кормов, по роду привода. В качестве кормоотделителя используют различные рабочие органы, при этом наиболее часто применяют битерные, реже – транспортерные. Во всех случаях кормоотделители взаимодействуют с подающим транспортером, установленным на дне бункера. Поэтому расчет рабочих органов питателя следует свести к расчету процесса взаимодействия кормоотделителя и подающего транспортера с кормовой массой, а также следует рассмотреть влияние конструкции бункера на равномерность дозирования кормов.

**Ключевые слова:** кормоотделитель, дозатор, продольный транспортер, неравномерность дозирования, битер, стебельный корм, бункер, энергоемкость, зоотехнические требования, эксцентрикный механизм.

**Введение.** Анализ формирования кормового монолита в бункере показал, что на норму выдачи и неравномерность распределения корма при выгрузке существенное влияние оказывают: вид кормовой массы, высота загрузки корма в бункере, скорость перемещения агрегата и способ загрузки кормовой массы. У механизатора возникают большие трудности при установке нормы выдачи корма согласно рациону у мобильных кормораздатчиков и стационарных питателей-дозаторов типа: КТ-6, КТ-10, КТУ-10А, КТУ-20.000, КТ-Ф-12 и РММ-Ф-5А. Отсутствие конкретных рекомендаций приводит к перерасходу или к выдаче корма заведомо заниженной нормы [1, 2, 4].

**Цель исследований:** Разработка и обоснование выбора эффективной конструкции дозатора стебельных кормов на ферме КРС.

**Материалы и методы исследований.** Объектом исследования является предложенная конструкция питателя-дозатора с эксцентриковым кормоотделителем для эффективной технологии равномерной выдачи стебельных кормов на фермах КРС.

**Результаты исследований и их обсуждение.**

Решением задачи по равномерной и точной выдаче стебельных кормов и снижению энергоёмкости процесса занимались многие авторы [2], [3], [4]. При этом исследования были проведены как на всех питателях, так и на их отдельных рабочих органах. Данная работа посвящена изысканию и обоснованию конструкций кормоотделителей питателей стебельных кормов [1], [2], [4].

Корм подавался подвижным дном, выполненным в виде цепочно-планчатого транспортера, к различным рабочим органам. В качестве рабочих органов применялись фрезерный барабан, барабан с качающимися дисками и ножами, шнек с гладкой винтовой линией, шнек с зубчатой винтовой поверхностью, ударный барабан. Валы рабочих органов располагались в одной вертикальной плоскости.

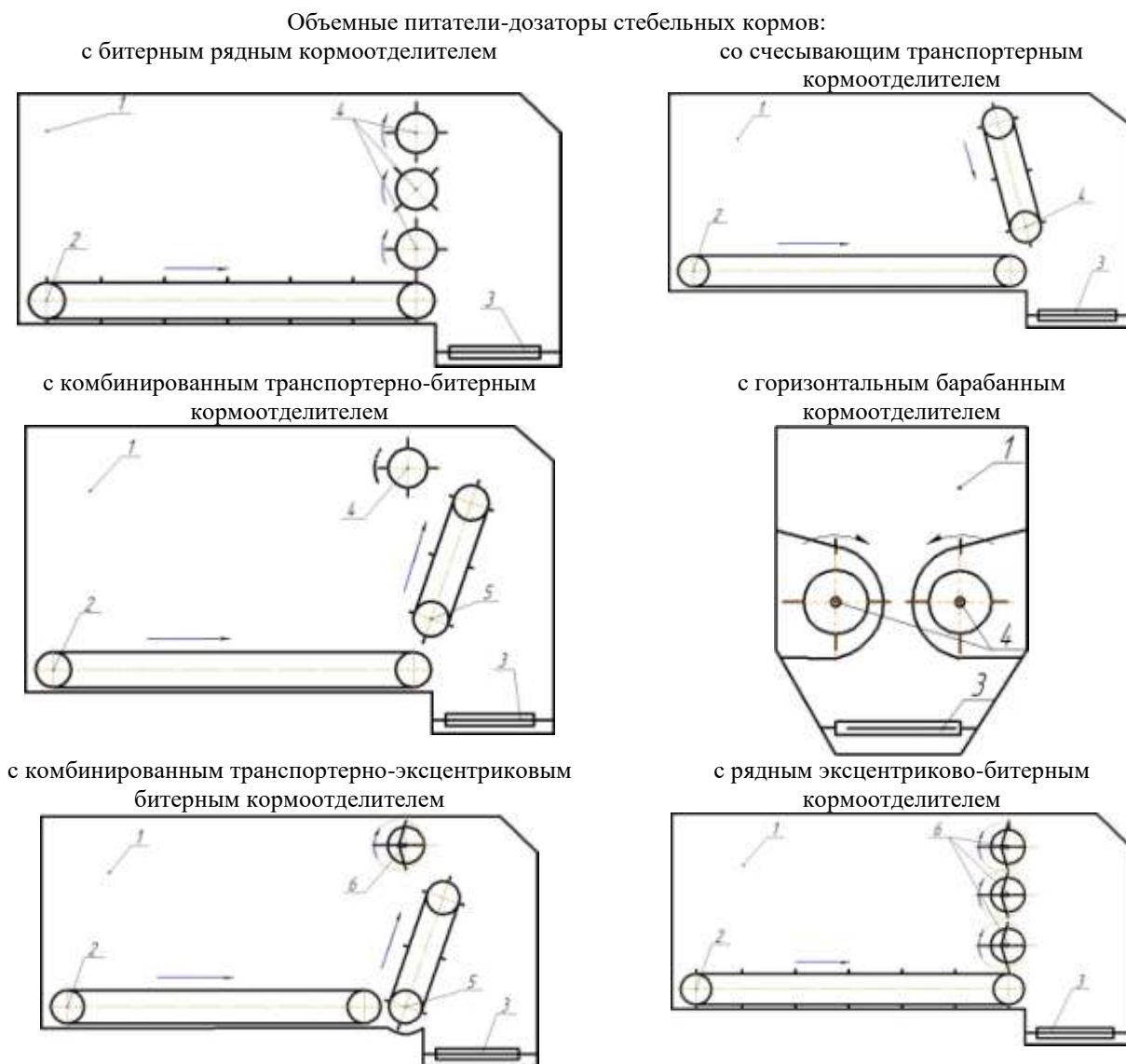


Рис.1. Типы технологических схем питателей-дозаторов стебельных кормов:

1 – бункер; 2 и 3 – подающий и выгрузный транспортер; 4 – битеры; 5 – счесывающий транспортер; 6 – эксцентриковый битер

В результате исследований авторы определили, что для эффективной равномерной дозировки сочных кормов наиболее приемлемыми являются битерные барабаны. Неравномерность выдачи силоса составила около 26,2%.

Исследования по выявлению факторов, влияющих на равномерность выдачи стебельных кормов дозирующими устройствами, приведены в работе [2]. Основным фактором, влияющим на равномерность выдачи, особенно последних порций, является характер размещения кормовой массы в бункере. Для уменьшения неравномерности выдачи стебельных кормов рекомендовалось располагать битеры в одной вертикальной плоскости. Для уменьшения неравномерности выдачи длиноволокнистых кормов в работе было рекомендовано, оси битеров расположить в наклонной плоскости – с наклоном в сторону поперечного транспортера.

В работах по данному направлению были проведены исследования работы дозаторов [1, 2, 3, 4]. Результаты проведенной работы позволили улучшить качество выдачи кормов, но авторами не решен вопрос дозирования корма одинаковой нормы, как в начале, так и в конце выдачи.

Исследователи не добились сохранения штабеля корма в кузове от начала до конца выгрузки. Так же в работе [4] исследовали дозатор – выгрузчик силоса. В работе добились улучшения качества дозирования силоса и снижения энергоемкости процесса за счет того, что силос подается к рабочим органам под действием массы материала.

Обзорный анализ показал, что основные факторы, вызывающие неравномерность выдачи стебельчатых кормов, зависят от:

- дозирующего устройства: при отклонении сечения проходного отверстия; отклонении скорости движения материала;
- характеристик дозируемых материалов: гранулометрического состава; отклонения плотности;
- взаимодействия дозируемых материалов с дозирующими устройствами: изменения сечения за счет наматывания материала; обрушения материала. Согласно работе, оценка качества дозирования на стадии разработки дозатора может быть выполнена на основе того, что главная часть отклонения равна полному дифференциалу:

$$dQ = \frac{dQ}{ds_0} \Delta S_0 + \frac{dQ}{dv_0} \Delta V_0 + \frac{dQ}{d\rho} \Delta \rho, \quad (1)$$

где  $\Delta S_0$  – отклонение площади определяющего сечения,  $m^2$ ;  $\Delta V_0$  – отклонение средней скорости в определяющем сечении,  $m^2$ ;  $\Delta \rho$  – отклонение плотности в определяющем сечении,  $kg/m^3$

Отклонение любого из этих параметров приводит к погрешности дозирования.

Из анализа видно, что характерной особенностью технологической схемы выдачи кормов современными дозирующими устройствами в основном является горизонтальная подача корма с помощью транспортера к вращающимся рабочим органам; не учитывается влияние изменения плотности корма, находящегося в бункере, на равномерность выдачи.

Применение экспериментальной схемы дозатора стебельных кормов позволит: уменьшить неравномерность выдачи корма за счет устранения наматывания корма на рабочие органы, сохранения формы штабеля в бункере до окончания выгрузки; снизить энергоёмкость процесса за счет подачи корма к рабочим органам под собственной массой [1, 4].

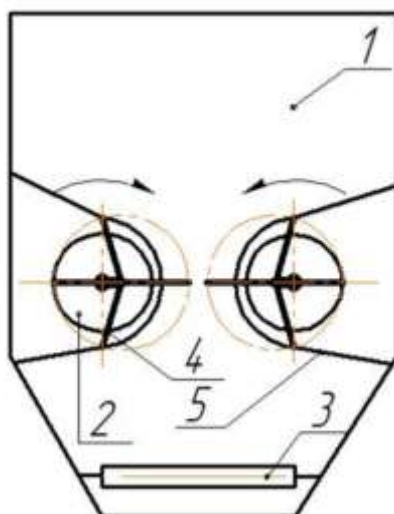


Рис2. Принципиальная схема питателя с эксцентриковым кормоотделителем  
1 – бункер; 2 – эксцентриковый битер; 3 – выгрузной транспортер;  
4 – палец; 5 – решетка

Разработка и использование конкретной экспериментальной конструкции питателя стебельных кормов на животноводческих фермах крупного рогатого скота позволит снизить неравномерность выдачи до 10...12% в соответствии с зоотехническими требованиями. В связи с этим ведутся поиски по улучшению конструкций, позволяющих снизить неравномерность выдачи кормов и энергоёмкость процесса.

Для решения этого вопроса нами предлагается конструкция питателя с эксцентриковым кормоотделителем для дозирования кормов (рис.2).

В экспериментальной конструкции загруженный в бункер 1 корм подается к выгрузному транспортеру 3 с помощью вращающихся навстречу друг другу эксцентриковых битеров 2, снабженных выдвижными пальцами 4, предотвращающих наматывание кормового материала.

Повышению равномерности подачи корма способствует также крепление валов к бункеру посредством амортизаторов, которые обеспечивают более плавный захват корма за счет перемещения валов в вертикальной плоскости под действием массы кормов.

При проектировании питателя стебельных кормов объем его бункера должен выбираться с таким расчетом, чтобы при одноразовой загрузке машина могла обслужить одно или несколько животноводческих помещений. Кроме того, количество корма в бункере питателя должно быть равно или кратно количеству корма, потребного для разового кормления поголовья скота:

$$G = q \cdot m \cdot n \cdot r, \quad (2)$$

где  $G$  – количество корма в бункере, кг;  $q$  – норма выдачи корма на одну голову, кг;  $m$  – количество скота в одном ряду животноводческого помещения;  $n$  – число рядов животных, обслуживаемых при одноразовой загрузке бункера питателя;  $r$  – коэффициент запаса корма,  $r = 1,05/1,1$ .

Требуемое количество корма  $G$ , размещаемое в бункере питателя объемом  $V$ , может быть также определено по формуле:

$$G = V \cdot \rho \cdot \psi, \quad (3)$$

где  $\psi$  – коэффициент заполнения бункера, равный 0,8 – 0,9;  $\rho$  – объемная масса корма в бункере питателя, кг/м<sup>3</sup>.

Сопоставив уравнения (1) и (2), можно вычислить объем бункера питателя:

$$V = \frac{q \cdot m \cdot n \cdot r}{\rho \psi}, \quad (4)$$

где  $V$  – объем бункера питателя, м<sup>3</sup>.

После этого определяют размеры бункера питателя: ширину  $B$ , высоту  $H$ , и длину  $L$ :  $V = B \cdot H \cdot L$ , исходя из составных элементов животноводческого помещения.

Мощность, потребная на привод рабочих органов, питателя кормов:

$$N = N_k + N_b, \quad (5)$$

где  $N_k$  – мощность на привод эксцентрикового кормоотделителя, Вт;  $N_b$  – мощность привода выгрузного транспортера, Вт;

В свою очередь

$$N_k = P_k \cdot V_k \cdot C_o, \quad (6)$$

Здесь тяговое усилие рабочей ветви кормоотделителя

$$P_k = P_o + P_c + P_x, \quad (7)$$

где  $V_k$  – окружная скорость кормоотделителя, м/с;  $C_o = 1,2$  – коэффициент, учитывающий жесткость цепей и сопротивление вращающихся приводных звездочек.

Силу сопротивления отделению корма от бурта пальцами эксцентриковых битеров выразим в виде:

$$P_o = \sigma_{cy} \cdot F, \quad (8)$$

где  $\sigma_{cy}$  – сопротивление пальцами эксцентрикового кормоотделителя при отделении или корма от бункера, Н/м<sup>2</sup>.

Проекцию площади контактов пальцев эксцентрикового битера с кормовой массой определяем:

$$F = \Delta x \cdot m_n \cdot d \cdot k \quad (9)$$

где  $m_n$  – количество пальцев на одном битере;  $d$  – диаметр пальца, м;  $k$  – количество гребенок, шт;  $\Delta x$  – величина внедрения пальцев одной гребенки в кормовую массу, м.

Решая выражения 7 и 8, получим:

$$P_o = k \cdot \Delta x \cdot m_n \cdot d \cdot \sigma_{cy} \quad (10)$$

Усилие, сообщающее живую силу частицами корма при сбрасывании их с пальцев эксцентрикового битера, Н:

$$P_c = 2,45 \cdot Q \cdot \frac{v_k}{g} \quad (11)$$

где  $Q$  – производительность эксцентрикового кормоотделителя, кг/с;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Сопrotивление холостого хода эксцентрикoвого кормоотделителя, Н:

$$P_x = 19,6 \cdot M_k \cdot L \cdot f_k \quad (12)$$

где  $M_k$  – линейная плотность эксцентрикoвого кормоотделителя, кг/м;  $L$  – длина эксцентрикoвого кормоотделителя, м;  $f_k$  – общий коэффициент сопротивления цепи и подшипников.

Потребная мощность для привода выгрузного транспортера определяется по формуле:

$$N_b = P_b \cdot V_c \cdot C_{\tau}, \quad (13)$$

где  $P_b$  – усилия на приводном барабане, равное сумме всех сил сопротивления движению тягового органа, Н;  $V_c$  – линейная скорость ленты, м/с;  $C_{\tau} = 1,2$  – коэффициент, учитывающий сопротивление жесткости ленты и сопротивление вращению приводного барабана.

Тогда суммарная мощность на привод эксцентрикoвого кормоотделителя составляет:

$$N = \left( k \cdot \Delta x \cdot m_n \cdot \sigma_{cy} + 2,45 \cdot Q \cdot \frac{V_k}{g} + 19,6 \cdot M_k \cdot L \cdot f_k \right) \cdot V_k \cdot C_o + P_b \cdot V_c \cdot C_{\tau}, \quad (14)$$

**Выводы.** Предлагаемый дозатор с эксцентрикoвым кормоотделителем позволит: уменьшить неравномерность выдачи кормов за счет устранения наматывания корма на рабочие органы, сохранить формы штабеля в бункере до окончания выгрузки, снизить энергоемкость процесса за счет подачи корма к рабочим органам.

### Литература

1. Алексеев, С. А. Совершенствование очистителя кормушек крупного рогатого скота / С. А. Алексеев, П. В. Зайцев // Перспективы развития технического сервиса в агропромышленном комплексе : материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Чебоксары : Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. – С. 13-16.
2. Зайцева, Н. П. Оптимизация технологических операций приготовления кормов в молочном животноводстве / Н.П. Зайцева, П.В. Зайцев // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2017. – № 12 (59). – С. 1344-1346.
3. Николаев, С. Ю. Технологическая линия обработки корнеплодов в животноводстве / С. Ю. Николаев // Студенческая наука - первый шаг в академическую науку: материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции с участием школьников 10-11 классов. – Чебоксары, 2018. – С. 107-109.
4. Серафимов, С. В. Обоснование устройства для очистки кормового желоба животных на фермах КРС. / С. В. Серафимов // Студенческая наука - первый шаг в академическую науку : материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции с участием школьников 10-11 классов. – Чебоксары, 2018. – С. 124-126.

### Сведения об авторах

1. **Зайцев Сергей Петрович**, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашский государственный аграрный университет; 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: zaicevpet@mail.ru;
2. **Зайцев Петр Владимирович**, доктор технических наук, профессор кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашский государственный аграрный университет; 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: zapevl@mail.ru;
3. **Мардарьев Сергей Николаевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры механизации, электрификации и автоматизации сельскохозяйственного производства, Чувашский государственный аграрный университет; 428003, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: s-mard@mail.ru.

### JUSTIFICATION OF DESIGNE CHOICE FOR STALM FEED DISPENSER ON CATTLE FARMS

**S. P. Zaitsev, P. V. Zaitsev, S. N. Mardaryev**  
Chuvash State Agrarian University  
428003, Cheboksary, Russian Federation

**Brief abstract.** The most effective directions of technical progress in the mechanization of animal husbandry are: improvement of manufactured agricultural machinery, increasing in the technological reliability of machine designs and their durability. The state of health and productivity of animals depend not only on the high-quality technology of processing feed materials, but also on the timely delivery and dosed delivery of the finished feed mixture. For this technology in animal husbandry, mobile distributors and stationary feed feeders are used, having a similar design, consisting of a hopper, inside of which there is a longitudinal conveyor with a pulsating feed from a ratchet mechanism, a beater or conveyor type feed separator and an unloading conveyor. An important role in increasing the production of livestock products and reducing their cost is the economical, reasonable use of feed in animal husbandry. The study and practical observation showed that the dosing devices of feeders and feed distributors are distributed along the feeding length with a significant unevenness – 18 ... 22%, instead of the standard up to 10 ... 12%

according to livestock requirements. In this regard, work is underway to improve the dispensers, allowing to reduce the uneven dosing of feed and the energy intensity of the process to livestock requirements. Feeders of stalk feed can be subdivided: by the type of dosed feed, by the method of feed supply, by the type of drive. As a feed separator, various working bodies are used, with beater feed separators being most often used, less often conveyor feed separators. In all cases, the feed separators interact with the feed conveyor installed at the bottom of the bunker. Therefore, the calculation of the working bodies of the feeder should be reduced to the calculation of the process of interaction between the feed separator and the feed conveyor with the feed mass, and the influence of the bunker design on the uniformity of feed dosing should also be considered.

**Key words:** feed separator, dispenser, longitudinal conveyor, uneven dosing, beater, stalk feed, bunker, energy intensity, livestock requirements, eccentric mechanism.

#### References

1. Alekseev, S. A. Sovershenstvovanie ochistitelya kormushek krupnogo rogatogo skota / S. A. Alekseev, P. V. Zajcev // Perspektivy razvitiya tekhnicheskogo servisa v agropromyshlennom komplekse : materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – CHEboksary : CHuvashskaya gosudarstvennaya sel'skohozyajstvennaya akademiya, 2018. – S. 13-16.
2. Zajceva, N. P. Optimizaciya tekhnologicheskikh operacij prigotovleniya kormov v molochnom zhivotnovodstve / N.P. Zajceva, P.V. Zajcev // Konkurentosposobnost' v global'nom mire: ekonomika, nauka, tekhnologii. – 2017. – № 12 (59). – S. 1344-1346.
3. Nikolaev, S. YU. Tekhnologicheskaya liniya obrabotki korneplodov v zhivotnovodstve / S. YU. Nikolaev // Studencheskaya nauka - pervyj shag v akademicheskuyu nauku: materialy Vserossijskoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s uchastiem shkol'nikov 10-11 klassov. – CHEboksary, 2018. – S. 107-109.
4. Serafimov, S. V. Obosnovanie ustrojstva dlya ochistki kormovogo zheloba zhivotnyh na fermah KRS. / S. V. Serafimov // Studencheskaya nauka - pervyj shag v akademicheskuyu nauku : materialy Vserossijskoj studencheskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s uchastiem shkol'nikov 10-11 klassov. – CHEboksary, 2018. – S. 124-126.

#### Information about authors

1. **Zaitsev Sergey Petrovich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agrarian University; 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: zaycevp@mail.ru;

2. **Zaitsev Petr Vladimirovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agrarian University; 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: zapevl@mail.ru;

3. **Mardaryev Sergey Nikolaevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mechanization, Electrification and Automation of Agricultural Production, Chuvash State Agrarian University; 428003, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: s-mard@mail.ru.

УДК 621.43.031

DOI:

### СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ПЛУНЖЕРНОЙ ПАРЫ ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

**В. А. Иванов, А. М. Новиков, А. Г. Смирнов, В. Н. Гаврилов**

Чувашский государственный аграрный университет  
428003, Чебоксары, Российская Федерация

**Аннотация.** В процессе эксплуатации техническое состояние плунжерной пары ухудшается, рабочие поверхности пар трения перестают обеспечивать нужную гидравлическую плотность вследствие износа. Основными факторами, влияющими на работоспособность пар трения, являются гидроабразивный износ и наличие в топливе поверхностно-активных веществ, которые так же ускоряют скорость изнашивания. Активность сернистых соединений, как меркаптанов, возрастает с увеличением температуры нагнетаемой жидкости. Следовательно, причины преждевременного выхода из строя прецизионных элементов в системе питания дизелей известны, но решение проблемы авторы исследований не приводят. В ходе рассмотрения вопроса износа пар трения по априорным источникам были изучены и определены цели и задачи исследования. Целью работы является поиск принятия технического решения по повышению ресурса прецизионных элементов топливного насоса высокого давления. Для снижения влияния поверхностно-активных веществ на рабочую поверхность пар трения с температурным изменением нагнетаемой жидкости, предложено техническое решение, которое приводится ниже. Для обоснования конструктивной доработки существующей системы питания дизеля изучили физико-механическое свойство поверхностно-активных веществ в топливе, влияющих на рабочую поверхность пар трения, которое при повышенной температуре начинает расплавлять