Тип статьи: научная
УДК 636.087
DOI: 10.35887/2305-2538-2023-3-63-71

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ ПИВНОЙ ДРОБИНЫ В ДЕКАНТЕРЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМА ЖИВОТНЫМ

Юрий Александрович Киров [1], Роман Александрович Блинков [2]
[1,2]Самарский государственный аграрный университет, Самарская область, г. Кинель
[1]kirov.62@mail.ru, http://orcid.org/0000-0001-6736-1263
[2]rblinkov78@yandex.ru

Автор, ответственный за переписку: Юрий Александрович Киров, kirov.62@mail.ru
Corresponding author: Yuri Kirov, kirov.62@mail.ru

Реферат. *В области рециклинга вторичных продуктов пивоваренной отрасли одной из основных проблем является разработка и создание эффективной технологии и оборудования для утилизации пивной дробины (ПД), обладающей питательной ценностью для сельскохозяйственных животных. Одним из способов решения этой проблемы является обезвоживание ПД в поле центробежных сил с последующим использованием в кормоприготовлении. В статье выполнен анализ научных источников и патентные исследования, которые позволили определить наиболее эффективные устройства обезвоживания ПД в зоне центробежных сил и обосновать перспективную в использовании конструктивно-технологическую схему. Для совершенствования технологии эффективного обезвоживания жидкой ПД предлагается применить в схеме переработки усовершенствованную конструкцию декантера, представляющую осадительно-фильтрующую центрифугу. Новизна разработанного декантера заключается в совмещении осадительного и фильтровального процессов разделения ПД на твердую и жидкую фракции. Предлагаемая конструкция усовершенствованного декантера обладает существенным отличием от существующих – низким процентом влажности отделенной твердой фракции ПД. Теоретический процесс обезвоживания ПД в фильтрующей части декантера исследован для обоснования конструкции последнего. С целью теоретического обоснования конструкции и параметров фильтрующей части декантера в статье, на основании основного гидравлического закона фильтрования с образованием осадка рассмотрено движение элементарного объема массы ПД в зоне перфорированной поверхности фильтровального сектора декантера. Определено сопротивление осадка ПД на перфорированной поверхности фильтровального сектора декантера. Получены аналитические выражения для определения предельного угла и длины перфорированной поверхности фильтровального сектора в декантере. Применение новой конструкции декантера позволит разработать эффективные технологии утилизации ПД на корм сельскохозяйственным животным, что ведет к сокращению эксплуатационных затрат на весь процесс переработки отходов пивоваренных производств в целом.*

Ключевые слова: *пивная дробина, утилизация, обезвоживание, декантер, корм животным.*

DEHYDRATION OF BEER PELLETS IN A DECANTER FOR ANIMAL FEED PREPARATION

Yuri Kirov [1], Roman Blinkov [2]
[1,2]Samara State Agrarian University, Samara region, Kinel
[1]kirov.62@mail.ru, http://orcid.org/0000-0001-6736-1263
[2]rblinkov78@yandex.ru

Abstract. *One of the main problems in the field of recycling of secondary products of the brewing industry is the development and creation of an effective technology and equipment for the disposal of*

brewer's grains (SP), which has a nutritional value for farm animals. One of the ways to solve this problem is the dehydration of PD in the field of centrifugal forces with subsequent use in feed preparation. The analysis of scientific sources and patent research, which made it possible to determine the most effective devices for dehydrating PD in the zone of centrifugal forces and to substantiate a promising design and technological scheme in use, are made in the article. The improved design of the decanter, which is a precipitating-filtering centrifuge, is proposed to be used to improve the technology for efficient dehydration of liquid PD in the processing scheme. The novelty of the developed decanter lies in the combination of the settling and filtering processes for separating PD into solid and liquid fractions. The proposed design of the improved decanter has a significant difference from the existing ones - a low percentage of moisture in the separated PD solid fraction. The theoretical process of PD dehydration in the filter part of the decanter was studied to justify the design of the latter. The movement of an elementary volume of the PD mass in the area of the perforated surface of the filtering sector of the decanter is considered in order to theoretically substantiate the design and parameters of the filtering part of the decanter in the article, based on the basic hydraulic law of filtering with the formation of sediment. The resistance of the DP sediment on the perforated surface of the decanter filter sector was determined. Analytical expressions for determining the limiting angle and length of the perforated surface of the filter sector in the decanter are obtained. The use of a new decanter design will allow the development of effective technologies for the utilization of PD for food for farm animals, which leads to a reduction in operating costs for the entire process of processing waste from breweries as a whole.

Keywords: *beer pellets, recycling, dehydration, decanter, animal feed.*

Для цитирования: Киров Ю.А., Блинков Р.А. Обезвоживание пивной дробины в декантере для приготовления корма животным // Наука в центральной России. 2023. Т. 63, № 3. С. 63-71. https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-3-63-71.

For citation: Kirov Yu., Blinkov R. Dehydration of beer pellets in a decanter for animal feed preparation. *Nauka v central'noj Rossii* = Science in the Central Russia: 2023; 63(3): 63-71. (In Russ.) https://doi.org/10.35887/2305-2538-2023-3-63-71.

Введение. В области рециклинга вторичных продуктов производства пивных напитков главной проблемой остается повышение эффективности технологии и технических средств для качественной переработки пивной дробины (ПД), которая содержит в своём составе большое количество ценных питательных элементов и может быть утилизирована в качестве кормовой добавки животным [1, 2].

Сложившаяся практика обработки и использования пивной и солодовой дробины определяет следующие методы: 1) переработка на специальных площадках; 2) применение корма без предварительной обработки в качестве корма животным; 3) подготовка различных вариантов кормовых рецептур, в том числе в виде сквашивания; 4) анаэробная обработка в виде консервирования; 5) термическая обработка; 6) утилизация в виде органики [3, 4].

Согласно ГОСТ 59835-2021, пивная дробина - это вторичный продукт пивоварения, состоящий из дробленых зернопродуктов и солода, оставшихся после фильтрования затора [5]. На предприятиях производства пивных напитков в нашей стране, ежегодно образуются большие объемы ПД, влажностью 75-88 %, которая представляет собой биомассу, в которой содержится высокий уровень питательных элементов. Кроме того, пивная дробина содержит клетчатку и переваримый протеин, что позволяет с успехом применять её в кормовых добавках и кормовых смесях для сельскохозяйственных животных.

Сырая пивная дробина содержит незаменимые аминокислоты для кормления свиней. А содержание линолевой кислоты (по исследованиям ученых - 3,9%) делает ПД высококачественным кормом и для птицы [6, 7].

Для обработки исходной влажной пивной дробины применяются различные технологии и технические средства. При применении разработанных способов переработки ПД образуется биомасса в виде питательной кормовой добавки, которая позволяет применить пивную дробину в составе кормосмесей сельскохозяйственным животным, особенно полно ПД усваивается при кормлении крупного рогатого скота [8].

Получение пивной дробины в общей технологии переработки и утилизации вторичных отходов пивоварения показано на рисунке 1.

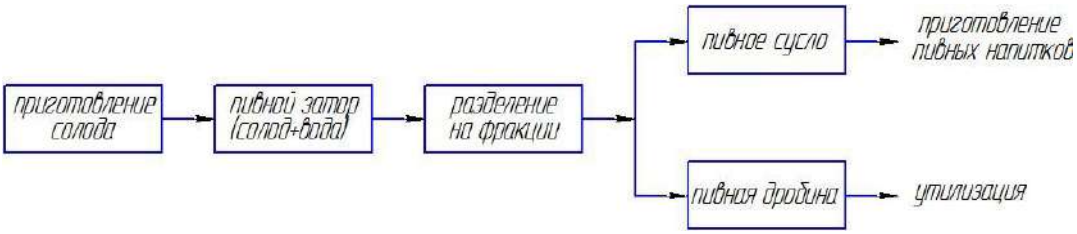

Рисунок 1 – Общая схема утилизации вторичных отходов пивоварения

Наиболее эффективным способом решения этой проблемы является обезвоживание ПД в поле центробежных сил с последующим использованием в кормоприготовлении.

Способ центробежного выделения свободной влаги из жидкой пивной дробины является наиболее эффективным, чем другие, хотя конструктивно и сложнее. В этом случае значения влажности обезвоженной ПД должны соответствовать 60-70 % [9].

Анализ научных источников и патентные исследования позволили определить наиболее эффективные устройства обезвоживания ПД в зоне центробежных сил и обосновать перспективную в использовании конструктивно-технологическую схему [10].

Анализ показал, что для обезвоживания ПД известна осадительно-фильтрующая центрифуга непрерывного типа с горизонтальным расположением рабочих органов, причем ротор содержит осадительную и перфорированную ступени [11]. Однако, известная установка обладает низкой производительностью, имеет невысокое качество обезвоживания жидкой дробины и сложна по конструкции.

Также известна осадительная центрифуга для обезвоживания пивной дробины имеющая устройство для дополнительного обезвоживания осадка [12]. Недостатком данного устройства является высокая влажность обезвоженной твердой фракции.

Целью данной работы является усовершенствование технологии обезвоживания жидкой пивной дробины за счет использования усовершенствованной конструкции декантера для использования ее в кормоприготовлении.

Материалы и методы. В ходе исследований использовали патентный поиск для подбора наиболее перспективных устройств для обезвоживания ПД. На основе методов классической гидродинамики исследовали теоретически процесс обезвоживания ПД в фильтрующей части декантера.

Результаты и обсуждение. Для совершенствования технологии эффективного обезвоживания жидкой пивной дробины предлагается применить в схеме переработки ПД усовершенствованную конструкцию декантера, представляющую осадительно-фильтрующую центрифугу (рисунок 2). Новизна разработанного декантера заключается в совмещении осадительного и фильтровального процессов разделения ПД на твердую и жидкую фракции.

После обработки ПД в предлагаемой конструкции декантера влажность отделенной твердой фракции соответствует зоотехническим требованиям и пригодна для использования в кормовых смесях сельскохозяйственным животным.

Предлагаемая конструкция усовершенствованного декантера обладает существенным отличием от существующих – низким процентом влажности отделенной твердой фракции пивной дробины [13].

Декантер для обезвоживания пивной дробины (рисунок 3) состоит из корпуса 1, внутри которого размещен ротор 2 комбинированной цилиндроконической формы осадительного типа с отверстиями для выгрузки обезвоженной твердой фазы ПД 3 и вывода жидкой фракции в виде фугата 4, имеющего возможность вращения на опорных коренных подшипниках 5, питателя исходной суспензии ПД 6 с окном 7, электропривода 8, шнекового транспортера 9 для передвижения осадка твердой фракции ПД, по геометрическим параметрам повторяющего форму ротора 2.

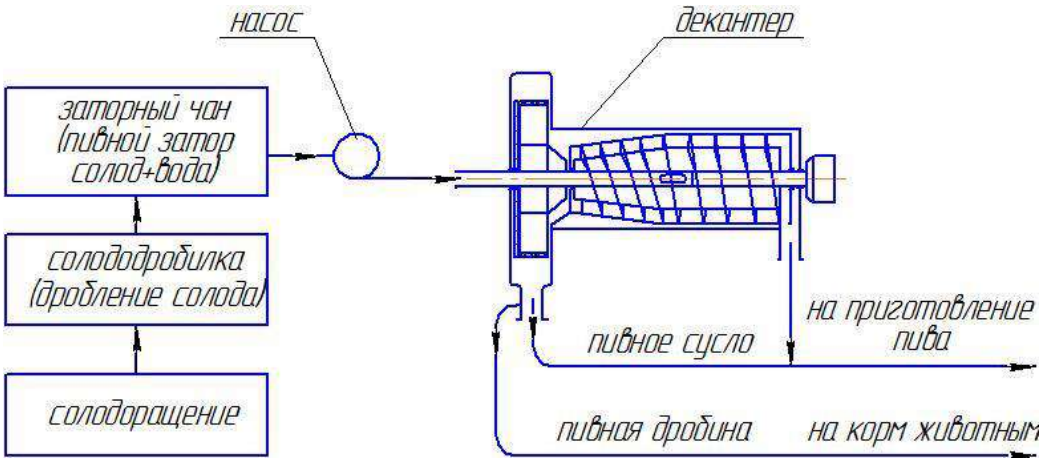

Рисунок 2 – Общая схема переработки пивной дробины

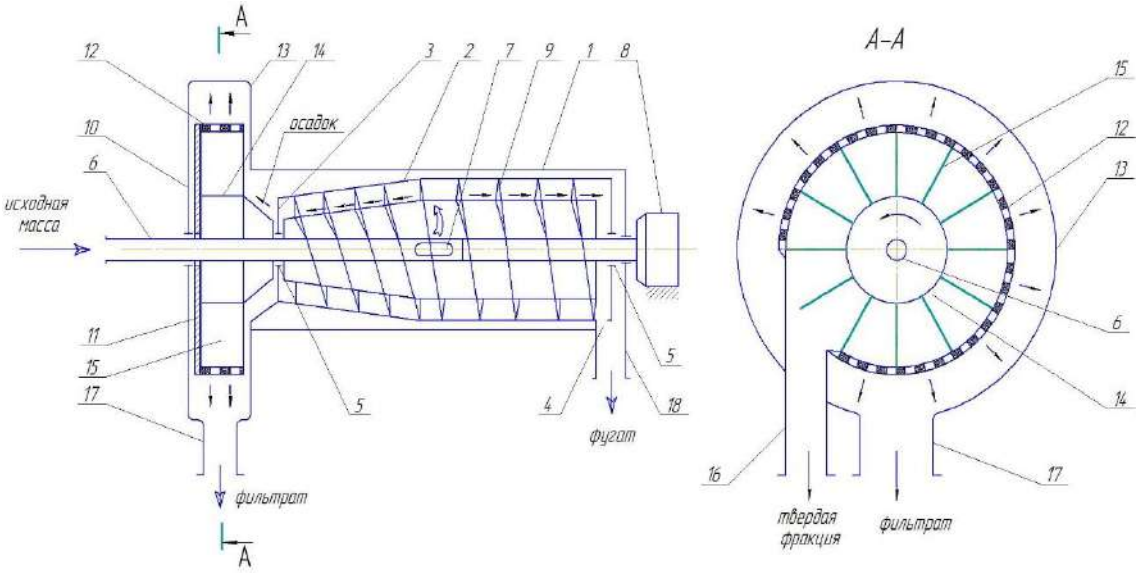

Рисунок 3 – Схема декантера (патент РФ №2781261)

Соосно цилиндроконическому ротору 2 декантера размещено перфорированное устройство 10 для дообезвоживания осадка, отделенной на осадительном роторе твердой фракции пивной дробины, включающее неподвижный диск 11, на внешней стороне которого закреплен перфорированный фильтровальный сектор 12, и закрытый кожухом 13. Внутри перфорированного фильтровального сектора 12 расположен барабан 14 конусно-цилиндрической формы, размещенный на оси вращения шнекового транспортера 9, и своей конической частью упирающийся в окно для выгрузки осадка пивной дробины 3, а на цилиндрической части барабана 14 размещены радиальные лопатки 15 для создания центробежной фильтровальной силы осадка пивной дробины и очистки внутренней перфорированной поверхности сектора 12. Кроме того, сектор 12 соединен с патрубком 16 для выгрузки твердой фракции пивной дробины и патрубком

17 для вывода отделенного фильтрата. Для вывода фугата из зоны осаждения цилиндроконического ротора 2 декантер снабжен сливным патрубком 4.

Устройство работает следующим образом. Объем исходной жидкой ПД через магистраль 6 поступает в зону цилиндроконического ротора 2 для центробежного осаждения. Под действием центробежных сил исходная суспензия ПД разделяется на жидкую и твердую фракции, причем осветленная фракция – фугат транспортируется по цилиндрической части ротора 2 шнеком 9 к окну 4 и выводится из устройства по сливному патрубку 18, а осадок твердой фазы поступает по конусной части ротора 2 к окну 3 для выгрузки осадка, где попадает на конусную часть барабана 14, вращающемуся заодно с шнеком 9. Поток осадка передвигаясь по конусной части барабана 14 попадает на его цилиндрическую часть, где захватывается лопатками 15 и за счет центробежной силы передается на внутреннюю часть перфорированной поверхности неподвижного фильтровального сектора 12. Обезвоживаясь на фильтровальном секторе 12, осадок ПД проходит путь центробежного фильтрования, равный длине перфорированной поверхности фильтровального сектора 2, а затем с неё счищается вращающимися лопатками 15 и поступает в патрубок 16 для выгрузки твердой фракции.

Рассмотрим теоретический процесс обезвоживания суспензии ПД, протекающий в фильтрующей части декантера.

Предварительно сгущенная в осадительной части декантера масса пивной дробины поступает на поверхность фильтровального сектора декантера, где захватывается радиальными лопатками и передвигается ими по внутренней цилиндрической поверхности (рисунок 4).

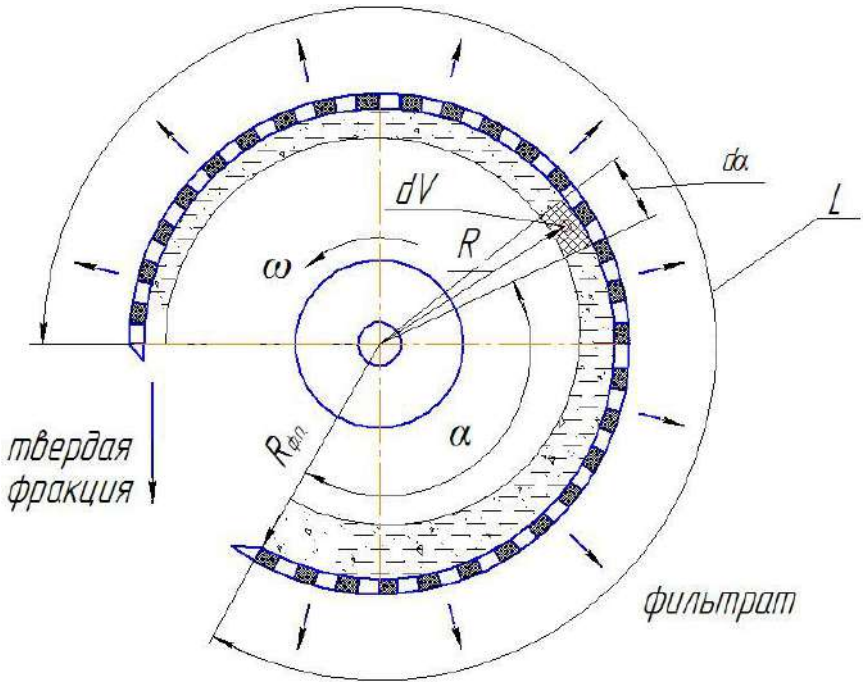

Рисунок 4 - Схема процесса фильтрования в декантере

На перфорированную поверхность фильтровального сектора предварительно сгущенная масса ПД поступает с некоторой влажностью W, которую необходимо довести до значения W_C, чтобы выполнялось следующее условие:

$$W_c \leq W_{доп}\ , \qquad (1)$$

где $W_с$ - влажность осадка твёрдой фракции пивной дробины, сходящей с перфорированной поверхности фильтровального сектора, %; $W_{доп}$ - допустимое значение влажности осадка твёрдой фракции ПД, соответствующая зоотехническим требованиям к кормам, %.

При невыполнении условия (1) соотношения влажности осадка твердой фракции ПД (1) работа перфорированной поверхности фильтровального сектора будет неэффективна, так как в этом случае из твёрдой фракции ПД не будет успевать выделяться свободная и избыточная влага.

Определяем влажность осадка твёрдой фракции ПД по уравнению, согласно общепринятой методике [14].

$$W = \frac{M_в}{M_{т.ф}} \times 100\%, \quad (2)$$

где W - влажность твёрдой фракции пивной дробины, %; $M_в$ - масса воды, находящаяся в твёрдой фракции, кг; $M_{Т.Ф.}$ - масса твёрдой фракции, кг.

$$M_{т.ф.} = M_в + M_{сд}\ , \quad (3)$$

где $M_{СД}$ - масса сухого навоза, находящаяся в твёрдой фракции навоза, кг.

Влажность пивной дробины с учетом (3) можно представить следующим образом:

$$W = \frac{M_в}{M_{сд}+M_в} \times 100\%\ . \quad (4)$$

Так как после центробежного осаждения в декантере ПД имеет повышенную влажность (80-82%), то требуется довести её до оптимального значения для дальнейшей утилизации в качестве кормовой добавки (65%). Достигается это за счет удаления части избыточной влаги, оставшейся в составе ПД после центробежного осаждения, путем фильтрации через перфорированную цилиндрическую поверхность фильтровального сектора декантера.

Рассмотрим движение элементарного объема массы ПД в зоне перфорированной поверхности фильтровального сектора декантера.

В этом случае процесс фильтрования через перфорированную поверхность фильтровального сектора декантера описывается общим гидравлическим законом для фильтрования с образованием осадка, который выражается следующим уравнением [15]:

$$\frac{dV}{F \cdot dt} = \frac{\Delta P}{\mu(R_{ос}+R_{ф.п.})}, \quad (5)$$

где V – объем фильтрата пивной дробины, выделенный из исходной массы за время t, м^3; t – время фильтрования, с; ΔP - давление фильтрования в зоне перфорированной поверхности фильтровального сектора декантера, Н/м^3; μ - динамическая вязкость фильтрата пивной дробины, Па·с; $R_{ос}$ – сопротивление осадка пивной дробины, отложившегося на перфорированной поверхности фильтровального сектора декантера, м$^{-1}$; $R_{ф.п.}$ – сопротивление фильтровальной поверхности, м$^{-1}$.

Сопротивление осадка ПД на перфорированной поверхности фильтровального сектора декантера можно выразить через следующее выражение:

$$R_{ос} = r_{ос} \cdot m_{ос} \cdot V, \quad (6)$$

где $r_{ос}$ - удельное сопротивление осадка пивной дробины на перфорированной поверхности фильтровального сектора декантера; $m_{ос}$ – масса осадка на перфорированной поверхности фильтровального сектора декантера, кг; V – объем выделенного фильтрата через перфорированную поверхность фильтровального сектора декантера, м^3.

Элементарный объем массы пивной дробины на перфорированной поверхности фильтровального сектора декантера движется по определенному радиусу. То для определения угла поворота её по фильтровальной поверхности α нужно выразить отрезок времени фильтрования dt через элементарный угол $d\alpha$:

$$dt = \frac{d\alpha}{\omega}, \quad (7)$$

где $d\alpha$ - элементарный угол поворота объема массы пивной дробины $V_н$, рад; ω - угловая скорость движения элементарного объема массы ПД, рад/с.

Давление фильтрования в зоне перфорированной поверхности фильтровального сектора декантера определяется из выражения:

$$\Delta P = m_{ос} \cdot R_{ср} \cdot \omega^2, \quad (8)$$

где $R_{ср}$ – средний радиус вращения массы $m_{ос}$, м.

Как видно из схемы (рисунок 4), за угол α на выделенной элементарной площадке перфорированной поверхности фильтровального сектора, согласно уравнению материального баланса процесса фильтрования, отвечает объем осадка пивной дробины, равный:

$$V_{\text{ос}} = V_{\text{исх}} - V, \tag{9}$$

где $V_{\text{исх}}$ –объем исходной массы ПД, поступающей на перфорированную поверхность фильтровального сектора, м^3; V – объем избыточно влаги в исходной массе ПД, м^3.

Согласно выполненным математическим преобразованиям, уравнение (5) примет следующий вид:

$$\frac{dV\cdot\omega}{d\alpha\cdot F} = \frac{(V_{\text{исх}}-V)\rho_{\text{ос}}\cdot R\cdot\omega^2}{\mu\left[r_{\text{ос}}(V_{\text{исх}}-V)\rho_{\text{ос}}\cdot V+R_{\text{ф.п.}}\right]}. \tag{10}$$

В результате преобразований, получим формулу для определения предельного угла перфорированной поверхности фильтровального сектора декантера:

$$\alpha_{\text{пр}} = \frac{\mu}{\rho_{\text{ос}}\cdot R\cdot\omega\cdot F}\left[r_{\text{ос}}\cdot\rho_{\text{ос}}\cdot\frac{V_{\text{пр}}^2}{2} - ln\left(V_{\text{исх}} - V_{\text{пр}}\right)R_{\text{ф.п.}}\right]. \tag{11}$$

Следовательно, длина перфорированной поверхности L фильтровального сектора в декантере определиться из следующего выражения:

$$L = \frac{2\pi R}{180}\cdot\alpha_{\text{пр}}. \tag{12}$$

Заключение. Предложено усовершенствование технологии обезвоживания пивной дробины для приготовления качественного корма сельскохозяйственным животным, в котором процесс разделения на фракции представляет собой осадительно-фильтрующее центрифугирование на перфорированной поверхности фильтровального сектора декантера. Применение новой конструкции декантера позволит разработать эффективные технологии утилизации пивной дробины на корм сельскохозяйственным животным и повысить качество разделения на фракции жидкой пивной дробины, что ведет к сокращению эксплуатационных затрат всего процесса переработки отходов пивоваренных производств в целом, а также соответствует зоотехническим требованиям для скармливания в виде кормовых добавок сельскохозяйственным животным. Кроме того, теоретически обоснованы конструкция и параметры перфорированной поверхности фильтровального сектора декантера для дообезвоживания пивной дробины.

Список источников

1. Рециклинг отходов в АПК: справочник / И. Г. Голубев [и др.]. М.: ФГБНУ «Росинформагротех». 2011. 296 с.
2. Вторичные материальные ресурсы пивоварения / А.П. Колпакчи, Н.В. Голикова, О.П. Андреева. – М.: Агропромиздат, 1986. 160 с.
3. Батищева, Н.В. Инновационные способы утилизации пивной дробины / Н.В. Батищева // Научное обозрение. Технические науки. 2016. № 6. С.10-14.
4. Батищева, Н. В. Разработка классификации технических средств для обезвоживания пивной дробины / Н. В. Батищева, Р. А. Блинков, Ю. А. Киров // Эксплуатация автотракторной и сельскохозяйственной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы : Сборник статей V Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Пензенского государственного аграрного университета, Пенза, 28–29 октября 2021 года. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. С. 15-19.
5. ГОСТ Р 59835-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Продукты пивоваренная. Термины и определения https://e-ecolog.ru/docs/NeFUG8-FioepiNou3hQ-m/full
6. Драганов, И. Ф. Барда и пивная дробина в кормлении скота и птицы : монография / И. Ф. Драганов. – Москва: Россельхозиздат, 1986. 136 с.
7. Пелевина, Г. Пивная дробина в рационе свиней / Г. Пелевина // Свиноводство. 2007. № 4. С. 18-20.
8. Пивная дробина в кормлении молодняка крупного рогатого скота / Ж. С. Майорова, О. А. Федосова, Н. И. Торжков [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2020. № 2(46). С. 34-41.

9. Батищева, Н. В. Инженерно-технические средства для переработки пивной дробины на кормовые цели / Н. В. Батищева, Р. А. Блинков, Ю. А. Киров // Эксплуатация автотракторной и сельскохозяйственной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы : Сборник статей V Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Пензенского государственного аграрного университета, Пенза, 28–29 октября 2021 года. Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2021. С. 8-11.

10. Николаев, В. Н. Совершенствование процесса центрифугирования пивной дробины в кормоприготовлении / В. Н. Николаев, М. С. Ахметвалиев, А. В. Литаш // АПК России. 2021. Т. 28, № 4. С. 472-479.

11. Патент РФ № 2486013 C1, МПК B04B 1/20. Декантерная центрифуга и шнековый конвейер: № 2012100777/05: заявл. 11.06.2010: опубл. 27.06.2013 / Э. Греннегор; заявитель АЛЬФА ЛАВАЛЬ КОРПОРЕЙТ АБ.

12. А.с. СССР 227228, МКИ^3 B04 B3/04. Непрерывно действующая осадительно-фильтрующая горизонтальная центрифуга [Текст] / Ю.Н. Бочков, Л.С. Зарубин, А.С. Каминский, М.И. Макарушина, Н.С. Никитин, Н.А. Блинов, В.М. Булавинов, Н.Н. Нассонов, Н.П. Батраков, М.Г. Ведяпин, М.П. Гайдамака, Р.В. Черемных - № 1142687/22-3; заявл. 14.03.67; опубл. 24.01.69, Бюл. №2 7. - 2 с.

13. А.с. СССР 787091, МКИ^3 B04 B1/20. Осадительная центрифуга [Текст] / В.И. Мурко, О.Г. Тарновский, Л.А. Смердов, Ю.Н. Бочков. - № 2624541/23-13; заявл. 06.06.78; опубл. 15.12.80, Бюл. № 46. - 2 с.

14. Патент РФ № 2781261 C1, МПК B04B 1/20, B04B 3/04. Декантер для обезвоживания пивной дробины: № 2022108920: заявл. 05.04.2022: опубл. 11.10.2022 / Ю. А. Киров, Р. А. Блинков, Д. Н. Котов [и др.]; заявитель ФГБОУ ВО "Самарский государственный аграрный университет".

15. Технология и технические средства для обеспечения экологической и технической безопасности на животноводческих комплексах (теория и расчет): / Ю. А. Киров, В. А. Мухин, Ю. А. Савельев [и др.]. Кинель: Самарская государственная сельскохозяйственная академия, 2018. 156 с.

References

1. Recycling of waste in the agro-industrial complex: handbook / I. G. Golubev [et al.]. M. : FSBI "Rosinformagrotech". 2011. 296 p.

2. Secondary material resources of brewing / A.P. Kolpakchi, N.V. Golikova, O.P. Andreeva. M.: Agropromizdat, 1986. 160 p.

3. GOST R 53358-2009. Brewing products. Terms and definitions. Moscow: Standartinform, 2011. 19 p.

4. Draganov, I. F. Bard and beer pellets in feeding livestock and poultry: monograph / I. F. Draganov. Moscow: Rosselkhoznadzor, 1986. 36 p

5. Pelevina, G. Beer pellets in the diet of pigs / G. Pelevina // Pig breeding. 2007. No. 4. pp. 18-20.

6. Beer pellets in feeding young cattle / Zh. S. Mayorova, O. A. Fedosova, N. I. Torzhkov [et al.] // Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev. 2020. № 2(46). Pp. 34-41.

7. Batishcheva, N.V. Innovative ways of recycling beer pellets / N.V. Batishcheva // Scientific Review. Technical sciences. 2016. No. 6. p.10-14.

8. Batishcheva, N. V. Development of classification of technical means for dewatering beer pellets / N. V. Batishcheva, R. A. Blinkov, Yu. A. Kirov // Operation of automotive and agricultural machinery: experience, problems, innovations, prospects : Collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference dedicated to the 70th anniversary of the Penza State Agrarian University University, Penza, October 28-29, 2021. Penza: Penza State Agrarian University, 2021. pp. 15-19.

9. Batishcheva, N. V. Engineering and technical means for processing beer pellets for fodder purposes / N. V. Batishcheva, R. A. Blinkov, Yu. A. Kirov // Operation of tractor and agricultural machinery: experience, problems, innovations, prospects : Collection of articles of the V International Scientific and Practical Conference dedicated to the 70th anniversary of the Penza State Agrarian University, Penza, October 28-29, 2021. Penza: Penza State Agrarian University, 2021. pp. 8-11.

10. Nikolaev, V. N. Improvement of the process of centrifugation of beer pellets in feed preparation / V. N. Nikolaev, M. S. Akhmetvaliev, A.V. Litash // Agro-industrial complex of Russia. 2021. Vol. 28, No. 4. pp. 472-479.

11. RF patent No. 2486013 C1, IPC B04B 1/20. Decanter Centrifuge and Screw Conveyor: No. 2012100777/05: Appl. 06/11/2010: publ. 06/27/2013 / E. Grennegor; applicant ALFA LAVAL CORPORATION AB.

12. A.s. USSR 227228, MKI3 V04 V3/04. Continuously operating precipitating-filtering horizontal centrifuge [Text] / Yu.N. Bochkov, L.S. Zarubin, A.S. Kaminsky, M.I. Makarushina, N.S. Nikitin, N.A. Blinov, V.M. Bulavinov, N.N. Nassonov, N.P. Batrakov, M.G. Vedyapin, M.P. Gaidamak, R.V. Cheremnykh - No. 1142687/22-3; dec. 03/14/67; publ. 01/24/69, Bull. No. 27. - 2 s.

13. A.s. USSR 787091, MKI3 V04 V1/20. Settling centrifuge [Text] / V.I. Murko, O.G. Tarnovsky, L.A. Smerdov, Yu.N. Bochkov. - No. 2624541/23-13; dec. 06/06/78; publ. 12/15/80, Bull. No. 46. - 2 s.

14. RF patent No. 2781261 C1, IPC B04B 1/20, B04B 3/04. Decanter for dewatering spent grains: No. 2022108920: Appl. 04/05/2022: publ. October 11, 2022 / Yu. A. Kirov, R. A. Blinkov, D. N. Kotov [et al.]; the applicant is a federal state budgetary educational institution of higher education "Samara State Agrarian University".

15. Technology and technical means for ensuring environmental and technical safety at livestock complexes (theory and calculation): / Yu. A. Kirov, V. A. Mukhin, Yu. A. Savelyev [et al.]. Kinel: Samara State Agricultural Academy, 2018. 156 p.

Информация об авторах

Ю.А. Киров – доктор технических наук, доцент; А.В. Блинков – аспирант.

Information about the authors

Yu. Kirov – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor; R. Blinkov – postgraduate student.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: all authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию (Received): 23.05.2023 Принята к публикации (Accepted): 20.06.2023