

Научная статья

УДК 631.862.2.:631.333.92

doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-2-52-58

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЛЬТРУЮЩЕ ОСАДИТЕЛЬНОГО ДЕКАНТЕРА ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ ПИВНОЙ ДРОБИНЫ

Блинков Роман Александрович

Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия

rblinkov78@yandex.ru;

Резюме. В статье описано перспективное применение основного отхода пивоваренных производств – пивной дробины. Цель исследований – повышение эффективности обезвоживания пивной дробины для кормоприготовления животным разработкой и применением фильтрующе-осадительного декантера путём добавления в него дополнительного устройства для обезвоживания. Проведён анализ научной, технической и патентной литературы. Экспериментальные исследования проводились в производственных условиях, в результате которых добились влажности твёрдой фракции 65%, при диаметре рабочего колеса дополнительного устройства для обезвоживания 0,35 м. и длине перфорированной поверхности 0,915 м. Методами классической гидродинамики исследовался процесс обезвоживания пивной дробины в фильтрующей части декантера. При использовании в декантере дополнительного устройства для обезвоживания с диаметром рабочего колеса $D = 350$ мм и длине перфорированной поверхности $L = 0,915$ мм влажность твёрдой фракции пивной дробины снижается до требуемых зоотехнических требований и может использоваться как кормовая добавка.

Ключевые слова: пивная дробина (П.Д.), разделение на фракции, обезвоживание, декантер, утилизация.

Для цитирования: Блинков Р. А. Результаты экспериментальных исследований фильтрующе осадительного декантера при обезвоживании пивной дробины // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. №2. С. 52-58. doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-2-52-58

Original article

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE FILTER SEDIMENTATION DECANter DURING DEHYDRATION OF BEER PELLETS

Roman A. Blinkov

Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara Region, Russia

rblinkov78@yandex.ru

Abstract. The article describes the promising use of the main waste of brewing industries – beer pellets. The purpose of the research is to increase the efficiency of dehydration of beer pellets for animal feed preparation by developing and using a filter-sedimentation decanter by adding an additional device for dehydration to it. The analysis of scientific, technical and patent literature was analysed. Experimental studies were carried out in production conditions, as a result of which a solid fraction humidity of 65% was achieved, with an additional dewatering device impeller diameter of 0.35 m and a perforated surface length of 0.915 m. The process of dehydration of a beer pellet in the filter part of the decanter was studied using the methods of classical hydrodynamics. When using an additional dewatering device in the decanter with a diameter of the impeller $D = 350$ mm and a length of the perforated surface $L = 0.915$ mm, the moisture content of the solid fraction of the beer pellet is reduced to the required zootechnical requirements and can be used as a feed additive.

Key words: beer pellet (B.P.), fractionation, dewatering, decanter, recycling.

For citation: Blinkov, R. A. (2024). The Results of experimental studies of the filter sedimentation decanter during dehydration of beer pellets. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 2, 52-58 (in Russ.). doi: 10.55170/1997-3225-2024-9-2-52-58

Получение высококачественных и недорогих продуктов питания затрудняется из-за дефицита полноценного мясного, рыбного, молочного и другого пищевого сырья, а также его постоянно растущей стоимости. в этой связи перспективным является применение основного отхода пивоваренных производств – пивной дробины (П.Д.), которая является источником белка, клетчатки, витаминов группы В, Е, ряда макро- и микроэлементов. Пивная дробина состоит в основном из дроблёных зернопродуктов, оставшихся после фильтрования затора, она имеет высокую усвояемость: белковых веществ – 71-76%, жира – 80-82%, безазотистых экстрактивных веществ – 60-65%, клетчатки – 40-45%. [1].

В сложившейся на сегодняшний момент практике переработки и дальнейшего использования пивной дробины определены следующие методы: 1) переработка на специальных площадках; 2) применение корма без предварительной обработки в качестве корма сельскохозяйственным животным; 3) подготовка различных вариантов кормовых рецептур; 4) анаэробная обработка в виде консервирования; 5) термическая обработка; 6) утилизация в виде органического удобрения [2, 3].

Пивная дробина, согласно ГОСТ Р 59835-2021 «Продукция пивоваренная термины и определения», – это побочный продукт пивоварения, состоящий из дроблёных зернопродуктов и солода, оставшихся после фильтрования затора [4]. Предприятия пивоваренной отрасли на сегодняшний момент, при производстве пива и пивных напитков, образуют достаточно большое количество пивной дробины влажностью до 90%, представляющую собой суспензию с высоким содержанием питательных элементов. Кроме этого в ней содержится клетчатка и перевариваемый протеин, применение которого в кормовых добавках и смесях сельскохозяйственным животным благотворно влияет на их рост. Например, содержащиеся в пивной дробине аминокислоты незаменимы для кормления свиней, а линолевая кислота делает ее ценным кормом для птицы.

Ко всему прочему, после обработки пивной дробины различными способами и техническими средствами, она становится очень питательной кормовой добавкой для крупного рогатого скота, хорошо усваиваемой при кормлении [5, 6].

Многообразие способов переработки П.Д. показывает, что метод разделения на фракции является наиболее эффективным.

Как известно, при влажности сырья выше 65% удалять воду испарительным методом в большинстве случаев нерентабельно. Поэтому при высокой влажности пивной дробины технологическая схема утилизации должна начинаться с оборудования обезвоживания [7].

Выделение влаги из суспензии пивной дробины центрифугированием является наиболее эффективным, несмотря на то что применение эффекта центробежного центрифугирования требует введения в работу высокооборотных, с достаточно большим запасом прочности и устойчивым к износу машин из-за больших напряжений в рабочих органах частях, а также специально сконструированного привода.

Установки для разделения влажного материала на твёрдую и жидкую фракции характеризуются производительностью (скоростью фильтрования), эффектом осветления суспензии и влажностью твёрдой фазы (осадка), которая должна соответствовать 60-70%.

Из проведённых исследований, существующих на сегодняшний день установок и устройств, применяемых для обезвоживания влажных масс, преимущественными являются фильтрующие. Разделение суспензий фильтрованием через пористую перегородку, которая задерживает взвешенные в ней частицы и пропускающую жидкость, нашло широкий спектр применения в технологических линиях различных промышленности [8].

Например, разработана непрерывно действующая осадительно-фильтрующая горизонтальная центрифуга, включающая двухступенчатый ротор, состоящий из цилиндроконической осадительной ступени, внутри которой расположен транспортирующий шнек для выгрузки осадка, и фильтрующую ступень [9]. Основным недостатком устройства является высокая влажность твёрдой фракции.

Анализ устройств для обезвоживания пивной дробины показал декантерную центрифугу, предназначенную для сепарирования подаваемого материала на лёгкую фазу и тяжёлую фазу, имеет горизонтальное расположение рабочих частей, ротор выполнен с осадительной и перфорированной ступенями [10]. Но данное устройство не обеспечивает высокое качество обезвоживания и имеет низкую производительность.

Материалы и методы исследований. Наиболее эффективные устройства для обезвоживания пивной дробины выбрали используя исследования патентного поиска. Методами классической гидродинамики исследовали процесс обезвоживания пивной дробины в фильтрующей части декантера теоретически.

Результаты исследований. Для эффективного обезвоживания жидкой пивной дробины предлагается применить для переработки более совершенную конструкцию декантера, представляющую собой осадительно-фильтрующую центрифугу (рис. 1). Разработанный декантер совмещает в себе осадительный и фильтровальный процесс разделения суспензии пивной дробины на жидкую и твёрдую фракции.

После переработки пивной дробины в предлагаемом декантере влажность твёрдой фракции соответствует зоотехническим требованиям и пригодна для использования в кормовых смесях сельскохозяйственным животным.

Усовершенствованный декантер характеризуется выходом твёрдой фракции пивной дробины с низким процентом влажности, что отличает его от существующих устройств.

Самыми надёжными конструктивно и с достаточно большим запасом прочности устройства, использующими действие центробежной силы, являются декантеры [11].

Декантер (рис. 1) это цельный корпус 1. Внутри корпуса размещён цилиндрикоконический осадительный ротор 2, имеются окна для выгрузки осадка 3 и выхода фугата 4. Вращение ротора происходит на коренных подшипниках 5, а так же питающей трубы 6 с окном 7, привода 8, шнека 9 для перевода осадка, который повторяет форму цилиндрикоконического осадительного ротора 2. Соосно цилиндрикоконическому осадительному ротору 2 размещено дополнительное устройство для обезвоживания осадка 10, представляющее из себя жёстко закреплённый неподвижный диск 11, на наружной стороне которого закреплён сектор фильтрования 12 с перфорированной поверхностью, закрытое кожухом 13. Внутри сектора фильтрования 12 расположен конусно-цилиндрический барабан 14. Он жёстко закреплён на оси вращения шнека 9 и своей конической частью упирается в окно для выгрузки осадка 3. На цилиндрической части барабана 14 выполнены жёстко закреплённые радиальные лопатки 15 для создания фильтрующей центробежной силы осадка П.Д. и очистки внутренней перфорированной поверхности сектора фильтрования 12. Фильтровальный сектор 12 имеет соединение с патрубком для вывода твёрдой фракции и патрубком 17 для выхода фильтрата. Для удаления фугата из зоны осаждения цилиндрикоконического ротора 2 декантер имеет сливной патрубок.

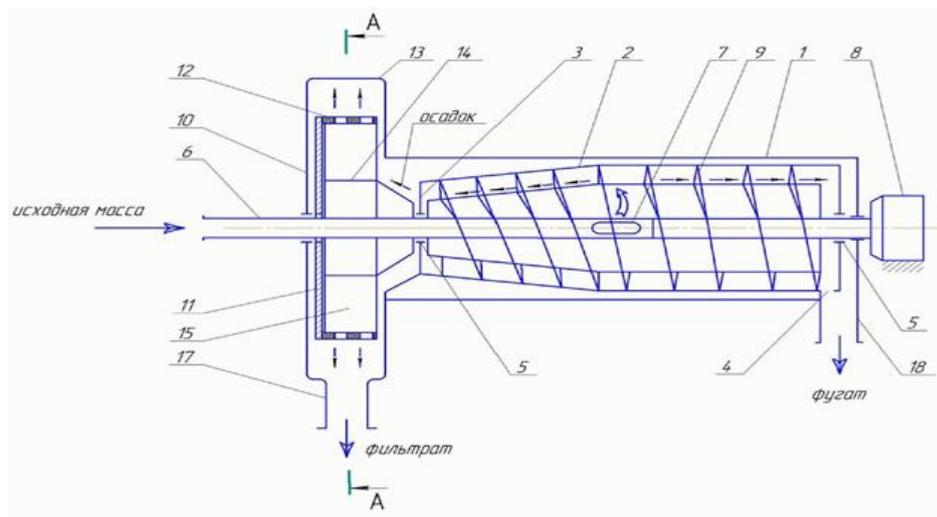


Рис. 1. Общий вид декантера (патент РФ 2781261)

Декантер это устройство непрерывного обезвоживания пивной дробины на предприятиях пивоваренных производств и работает следующим образом: исходная масса жидкой пивной дробины через подающую трубу 6 поступает в зону осаждения центробежного цилиндрикоконического ротора 2 для начала обезвоживания. Действием центробежных сил суспензия пивной дробины разделяется на

твёрдую и жидкую фракции, затем осветлённая фракция – фугат перемещается по цилиндрической части ротора 2 при помощи шнека 9 к окну 4 и выходит из декантера по сливному патрубку 18. Осадок твёрдой фазы поступает по конусной части ротора 2 к окну 3 для выгрузки, где он входит на конусную часть барабана 14 (рис. 2), который вращается заодно со шнеком 9. Осадок, продвигаясь по конусной части барабана 14, падает на его цилиндрическую часть, где захватывается лопатками 15 и центробежной силой передаётся на внутреннюю часть поверхности с перфорацией неподвижного фильтровального сектора 12. Обезвоживаясь на секторе фильтрации 12, осадок пивной дробины подвергается центробежному фильтрованию, который равен длине перфорированной поверхности сектора фильтрации 2, а затем с неё снимается вращающимися лопатками 15 и уходит в патрубок 16 для вывода твёрдой фракции. Из-за того, что площадь перфорированной поверхности фильтровального сектора существенно больше площадей фильтрующих лопастей устройства, время пребывания фракции на фильтровальной поверхности увеличивается, чем и увеличивается количество выделяемой свободной влаги и снижение влажности осадка массы пивной дробины. После этого обезвоженная твёрдая фракция пивной дробины пригодна для утилизации в качестве ценной кормовой добавки различным животным сельскохозяйственной отрасли.

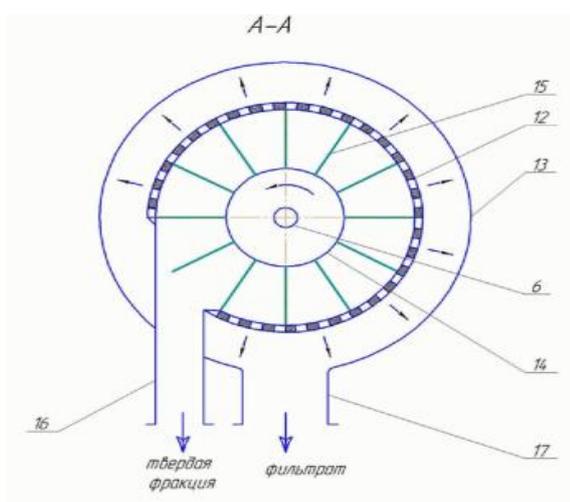


Рис. 2. Устройство для дополнительного обезвоживания

Рассмотрим теоретический процесс обезвоживания суспензии ПД, протекающий в фильтрующей части декантера [12].

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 (рис. 3).

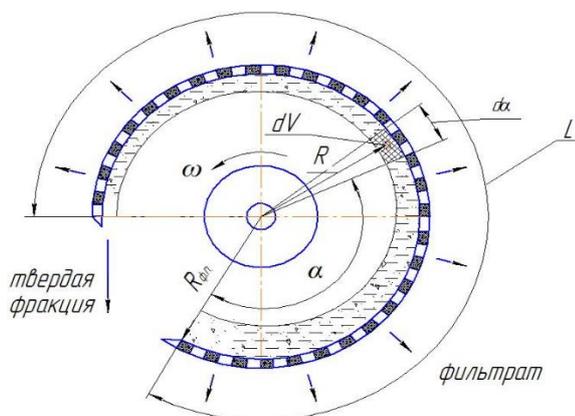


Рис. 3. Схема процесса фильтрования в декантере

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

$$W_c \leq W_{\text{доп.}} \quad (1)$$

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

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

Определяем влажность осадка твёрдой фракции пивной дробины по отношению:

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

где W – влажность твёрдой фракции пивной дробины, %; M_B – масса воды, находящаяся в твёрдой фракции, кг; $M_{\text{т.ф.}}$ – масса твёрдой фракции, кг.

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

где $M_{\text{сд}}$ – масса сухой пивной дробины, находящаяся в твёрдой фракции, кг. Влажность пивной дробины с учётом (3) можно представить следующим образом:

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

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

После чего провели четыре опыта и занесли результаты влажности материала в таблицу 1.

Таблица 1

Измерение влажности

№	W%
1	67
2	63
3	65
4	64

В таблице представлены результаты опытов при диаметре рабочего колеса $D = 0,350$ м и длины фильтровальной поверхности фильтрующей перегородки $L = 0,915$ м.

Выводы.

1. На основании анализа научно-технической и патентной литературы разработана конструкция декантера с добавлением в него дополнительного устройства для обезвоживания жидкой массы пивного затора.

2. Изготовлен опытно-конструкторский образец фильтрующе-осадительного декантера пивной дробины, проведены испытания в производственных условиях и зафиксированы результаты измерения влажности пивной дробины.

Заключение. При использовании в декантере дополнительного устройства для обезвоживания с диаметром рабочего колеса $D = 350$ мм и длине перфорированной поверхности $L = 0,915$ мм влажность твердой фракции пивной дробины снижается до требуемых зоотехнических требований и может использоваться как кормовая добавка.

Список источников

1. Волотка, Ф. Б. Богданов В. Д. Технологическая и химическая характеристика пивной дробины // Вестник ТГЭУ. 2013. №1. С.114-124
2. Батищева Н.В. Инновационные способы утилизации пивной дробины // Научное обозрение. Технические науки. 2016. № 6. С. 10-14.
3. Батищева, Н. В. Блинков Р. А., Киров Ю. А. Инженерно-технические средства для переработки пивной дробины на кормовые цели // Эксплуатация автотракторной и сельскохозяйственной техники: опыт, проблемы, инновации, перспективы : сборник научных трудов. Пенза : РИО ПГАУ, 2021. С. 8-11.
4. ГОСТ Р 59835-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Продукты пивоваренная. Термины и определения <https://e-ecolog.ru/docs/NeFUG8-FioepiNou3hQ-m/full>.
5. Драганов, И. Ф. Барда и пивная дробина в кормлении скота и птицы : монография. Москва : Россельхозиздат, 1986 136 с.
6. Пелевина, Г. Пивная дробина в рационе свиней // Свиноводство. 2007. № 4. С. 18-20.
7. Батищева, Н. В. Инновационные способы утилизации пивной дробины // Научное обозрение. Технические науки. 2016. № 6. С. 10-14.
8. Николаев, В. Н., Ахметвалиев, М. С., & Литаш, А. В. (2021). Совершенствование процесса центрифугирования пивной дробины в кормоприготовлении // АПК России, 28(4), 472-479.
9. А.с. СССР 227228, МКИ В04 В 3/04. Непрерывно действующая осадительно- фильтрующая горизонтальная центрифуга / 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. №27. 2 с.
10. Патент РФ № 2486013 С1, МПК В04В 1/20. Декантерная центрифуга и шнековый конвейер: № 2012100777/05: заявл. 11.06.2010: опубл. 27.06.2013 / Э. Греннегор; заявитель АЛЬФА ЛАВАЛЬ КОРПОРЕЙТ АБ.
11. Пат. 2781261 Российская Федерация, МПК В04В 1/20; В04В 3/04 . Декантер для обезвоживания пивной дробины / Ю.А. Киров, Р.А. Блинков, Д.Н. Котов, В.А. Киров, Ю.З. Кирова, С.В. Денисов, А.Л. Мишанин, А.С. Грецов, К.А. Жичкин ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» - №2022108920 ; заяв. 05.04.2022 ; опубл. 11.10.2022, Бюл. №. 29. 5 с.
12. Киров Ю. А., Блинков Р. А. Обезвоживание пивной дробины в декантере для приготовления корма животным // Наука в центральной России. 2023.

References

1. Volotka, F. B. & Bogdanov, V. D. (2013). Technological and chemical characteristics of a beer pellet. *Vestnik TGEU (Vestnik TGEU)*, 1, 114-124 (in Russ.).
2. Batishcheva, N. V. (2016). Innovative ways of recycling beer pellets. *Nauchnoe obozrenie (Scientific vision. Technical sciences)*, 6, 10-14 (in Russ.).
3. Batishcheva, N. V. Blinkov, R. A. & Kirov, Yu. A. (2021). Engineering and technical means for processing beer pellets for feed purposes. Operation of tractor and agricultural machinery: experience, problems, innovations, prospects : collection of scientific papers. (pp. 8-11). Penza : RIO PGAU (in Russ.).
4. GOST R 59835-2021. The national standard of the Russian Federation. The products are cooked. Terms and definitions <https://e-ecolog.ru/docs/NeFUG8-FioepiNou3hQ-m/full> (in Russ.).
5. Draganov, I. F. (1986). Bard and beer pellets in feeding livestock and poultry. Moscow. (in Russ.).
6. Pelevina, G. (2007). Beer pellet in the diet of pigs. *Svinovodstvo (Pig breeding)*, 4, 18-20 (in Russ.).
7. Batishcheva, N. V. (2016). Innovative ways of recycling beer pellets. *Nauchnoe obozrenie (Scientific vision. Technical sciences)*, 6, 10-14 (in Russ.).
8. Nikolaev, V. N., Akhmetvaliyev, M. S., & Litash, A.V. (2021). Improvement of the beer pellet centrifugation process in feed preparation. *APK Rossii (Agroindustrial Complex of Russia)*, 28(4), 472-479. (in Russ.).
9. A.S. USSR 227228, MCI B04 In 3/04. Continuously operating sedimentation-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. Nasonov, N.P. Batrakov, M.G. Ve-dyapin, M.P. Gaydamaka, R.V. Cheremnykh - No. 1142687/22-3; application 14.03.67; publ. 24.01.69, Bul. No. 27 - 2 p (in Russ.).

10. E. Grennegor (2013). Decanter centrifuge and screw conveyor. *Patent 2012100777/05. Russian Federation.* (in Russ.).

11. Yu.A. Kirov, R.A. Blinkov, D.N. Kotov, V.A. Kirov, Yu.Z. Kirova, S.V. Denisov, A.L. Mishanin, A.S. Gretsov, K.A. Zhichkin (2022). *Patent 2781261 Russian Federation. 2022108920* (in Russ.).

12. Dehydration of a beer pellet in a decanter for preparing animal feed / Yu.A. Kirov, R.A. Blinkov // *Science in Central Russia. 2023* (in Russ.).

Информация об авторе:

Р. А. Блинков – аспирант.

Information about the author:

R. A. Blinkov – graduate student.

Статья поступила в редакцию 11.03.2024; одобрена после рецензирования 1.04.2024; принята к публикации 16.04.2024.
The article was submitted 11.03.2024; approved after reviewing 1.04.2024; accepted for publication 16.04.2024.