

К вопросу предварительного обезвоживания куриного помета в процессе его экструзионной обработки

Куручкин А.А., Аширов Р.Р., Козлов Е.Г.

Аннотация. Технологическая обоснованность и экономическая целесообразность переработки куриного помета в органическое удобрение определяются его количеством и влажностью. Известные к настоящему времени технологии переработки куриного помета применимы лишь в отношении его подстилочной разновидности, так как позволяют снизить влажность обрабатываемого сырья не более чем на половину от первоначальной за один цикл обработки. Условием эффективной переработки бесподстилочного помета методом экструзии является дополнительная технологическая операция, связанная с предварительным обезвоживанием этого сырья. В работе дан анализ технических средств для выполнения данной операции и предложена конструктивно-технологическая схема агрегата, позволяющего регулировать интенсивность предварительного обезвоживания перерабатываемого в удобрение сырья.

Ключевые слова: помет, обезвоживание, удобрение, конструктивно-технологическая схема, вакуумная камера, термовакуумный эффект.

Для цитирования: Куручкин А.А., Аширов Р.Р., Козлов Е.Г. К вопросу предварительного обезвоживания куриного помета в процессе его экструзионной обработки // Инновационная техника и технология. 2024. Т. 11. № 4. С. 41–47.

On the issue of preliminary dehydration of chicken manure during its extrusion processing

Kurochkin A.A., Ashirov R.R., Kozlov E.G.

Abstract. The technological validity and economic feasibility of processing chicken manure into organic fertilizer are determined by its quantity and humidity. The currently known technologies for processing chicken manure are applicable only to its litter variety, since they allow reducing the humidity of the processed raw materials by no more than half of the initial one in one processing cycle. An additional technological operation associated with the preliminary dewatering of this raw material is a prerequisite for the effective processing of bespodstyle manure by extrusion processing. The paper analyzes the technical means for performing this operation and proposes a design and technological scheme of the unit, which allows to regulate the intensity of pre-dehydration of raw materials processed into fertilizer.

Keywords: manure, dehydration, fertilizer, design and technological scheme, vacuum chamber, thermal vacuum effect.

For citation: Kurochkin A.A., Ashirov R.R., Kozlov E.G. On the issue of preliminary dehydration of chicken manure during its extrusion processing. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2024. Vol. 11. No. 4. pp. 41–47. (In Russ.).

Введение

Технологическая обоснованность и экономическая целесообразность переработки куриного помета в органическое удобрение определяются его количеством и влажностью.

Считается, что масса помета, выделяемого птицами в течение суток, примерно в 2 раза больше количества съеденного ими сухого вещества корма.

Исходя из этого и с учетом норм технологического проектирования в птицеводческой отрасли, ориентировочный выход помета влажностью 71-73 % от одной головы для кур различного производственно-назначения составляет 189-288 г [1, 6, 7].

Что касается влажности перерабатываемого сырья, то она в первую очередь зависит от системы содержания птицы.

В условиях современных птицефабрик приме-

няются две основные системы содержания: напольная и клеточная.

При напольном содержании куры содержатся на подстилке или на полах (сочетание подстилки с сетчатыми или планчатыми полами). При такой технологии содержания птицы, помет смешивается с подстилкой и подсушивается (как за счет поглощения части влаги помета подстилкой, так и за счет естественной высушивания). В условиях такого содержания птицы влажность подстилочного помета в основном зависит от вида и влажности применяемого подстилочного материала, а также параметрах микроклимата в птичнике.

По данным различных библиографических источников влажность подстилочного помета на основе торфа обычно составляет 35-45 %, а при применении в качестве подстилки измельченной соломы, опилок, лузги подсолнечника и т.п. – 25-35 %.

В условиях клеточного содержания кур определяющее влияние на влажность помета оказывают тип клеточного оборудования и, как следствие этого, конструкция применяемых в нем поилок и средств уборки помета.

Клеточные батареи старой конструкции обычно оснащены скребковыми механизмами уборки помета, использование которых требует ежедневного 2-3-х кратного их включения. В связи с тем, что такие механизмы во многих случаях нестабильно работают при уборке помета естественной влажности, для их надежной работы требуется разбавление помета водой. В этом случае влажность получаемого помета может увеличиваться до 83-90%.

Более современное оборудование представляет собой клеточные батареи с ленточной уборкой помета. Ленточная уборка помета предполагает отсутствие попадания воды в помет, что в свою очередь достигается применением ниппельных поилок. При эксплуатации такого оборудования помет обычно убирают один раз в 5-7 дней. При этом, находясь, длительное время на ленте транспортера, помет существенно теряет влагу.

Некоторые комплекты клеточных батарей с ленточной системой уборки помета комплектуются

встроенными воздуховодами с системой аэрации помета. В этом случае влажность удаляемого помета можно снизить до 30-40 % [5, 12].

Следует особо отметить, что с точки зрения системного подхода к птичьему помету как сырью для производства органического удобрения, его рациональная обработка должна быть направлена на де-активацию вредных ингредиентов и обеспечение сохранности полезных. Иными словами, технологические операции известных к настоящему времени способов переработки птичьего помета должны в процессе переработки помета обеспечивать стерилизацию (уничтожение способности к прорастанию) семян сорных растений, а также способствовать сохранению питательных веществ, входящие в его состав и перспективных в качестве ингредиентов получаемого органического удобрения. Вторым и не менее важным требованием к технологии переработки куриного помета в удобрение является хорошая хранимость готового продукта без применения дорогостоящих упаковочных материалов, что обеспечивается его конечной влажностью не более 10-12 %.

Приведенные выше данные позволяют сделать вывод, о том, что известные к настоящему времени технологии переработки куриного помета возможны лишь в отношении его подстилочной разновидности, так как позволяют снизить влажность обрабатываемого сырья не более чем на половину за один цикл обработки [3, 4, 14].

Условием эффективной обработки бесподстилочного помета методами экструзионной обработки является технологическая операция предварительного обезвоживания этого сырья.

Цель работы – обоснование модернизированной схемы термовакуумного агрегата для обработки бесподстилочного куриного помета с его предварительным обезвоживанием.

Объекты и методы исследования

Объект исследования – конструктивно-технологическая схема термовакуумного агрегата.



Рис. 1. Способы переработки куриного помета в органическое удобрение

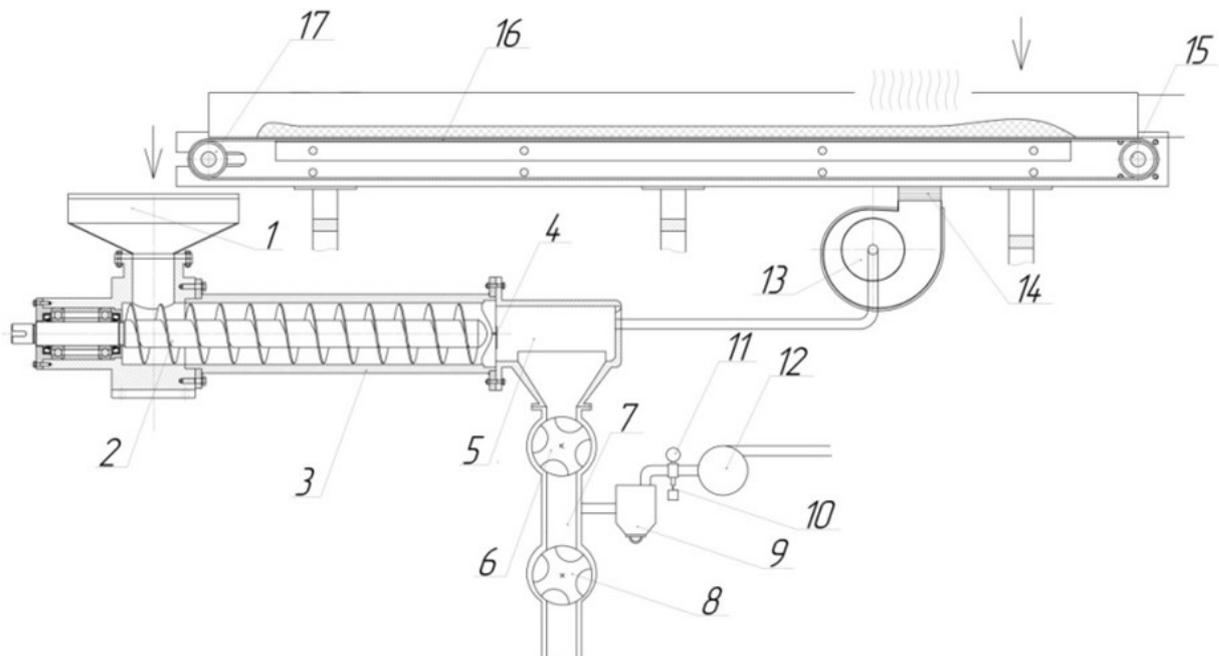


Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема модернизированного экструдера:

1 – загрузочная камера; 2 – шнек; 3 – корпус; 4 – фильера матрицы; 5 – воздушная камера; 6, 8 – шлюзовые затворы; 7 – вакуумная камера; 9 – вакуум-баллон; 10 – вакуум-регулятор; 11 – вакуум-метр; 12 – вакуумный насос; 13 – вентилятор; 14 – воздушные ТЭНы; 15 – ведомый вал; 16 – сетчатая лента; 17 – приводной вал

Результаты и их обсуждение

Анализ обобщенной классификации способов переработки куриного помета в органическое удобрение [4] позволяет представить варианты предварительного обезвоживания сырья следующим образом (рис. 1).

Следует отметить, что наиболее простое решение предварительного обезвоживания бесподстилочного помета основано на его сушке при атмосферном давлении путем выдержки на конвейерах или площадках в помещении. Ускорить этот процесс можно за счет обдувания помета воздухом или паром.

Как и вакуумное обезвоживание, этот способ связан с эксплуатацией дополнительных сооружений и оборудования с невысокой производительностью и повышенными эксплуатационными расходами.

Сорбционная сушка может быть эффективна в составе сложных (комбинированных) технологий с применением термической сушки, в том числе и с применением вакуумной составляющей.

На основе таких технологий основан рабочий процесс экструдера для переработки влажной массы в виде птичьего помета или навоза, который имеет три рабочие зоны: сорбционной сушки, экструзионной обработки и вакуумного досушивания [10].

В зоне сорбционной сушки размещены дозирующее устройство, вертикально расположенный шнек и рабочая камера с мешалкой. Дозирующее устройство установлено перед шнеком и служит для подачи в рабочую камеру сорбента, в качестве которого используется солома, отходы деревообра-

ботки или сухой экструдированный помет, нереализованный в установленные сроки.

Зона экструзионной обработки представлена горизонтально расположенным шнеком и фильерой.

Зона вакуумного досушивания размещена после зоны экструзионной обработки и в ней установлены конденсатор, вакуумный насос и шлюзовой затвор.

Рабочий процесс этого экструдера осуществляется следующим образом. Поступающая для переработки влажная масса подается в рабочую камеру посредством шнека, где с помощью мешалки интенсивно перемешивается с сорбентом и снижает свою влажность. Объем поступающего в экструдер с помощью дозирующего устройства сорбента, регулируется исходя из влажности обрабатываемого сырья. Начавшийся в блоке сорбционной сушки процесс влагопереноса между сорбирующим материалом и пометом завершается в зоне экструзионной обработки, где реализуется термопластическое воздействие на сырье. При продавливании обрабатываемого сырья шнеком экструдера через его фильеру в зону вакуумного досушивания, происходит резкий сброс давления, что приводит к взрывному испарению воды и снижению влажности готового продукта. С целью интенсификации процесса экструзионного обезвоживания взрывное испарение осуществляется в вакуумной камере. Пониженное давление в вакуумной камере обеспечивается с помощью конденсатора и вакуумного насоса [10].

К недостаткам данного экструдера можно отнести следующее:

1. Теплота выделяющегося в процессе деком-

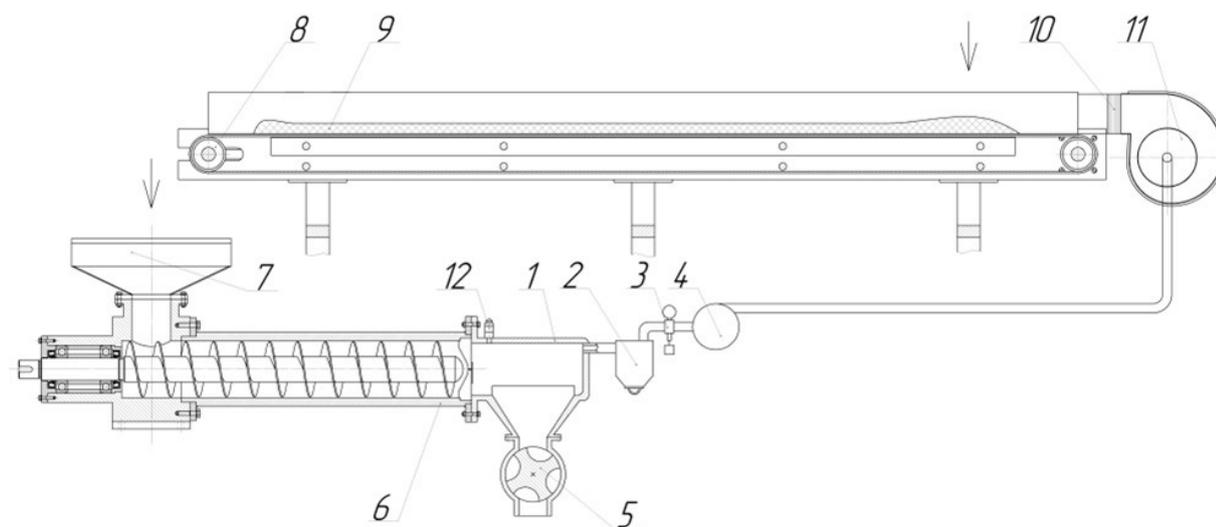


Рис. 3. Конструктивно-технологическая схема агрегата:

1 – вакуумная камера экструдера; 2 – вакуум-баллон; 3 – вакуум-регулятор; 4 – вакуумный насос; 5 – шлюзовой затвор; 6 – экструдер; 7 – загрузочный бункер; 8 – сетчатый конвейер; 9 – помет; 10 – регулируемый ТЭН; 11 – вентилятор; 12 – воздушный клапан

прессионного взрыва водяного пара полезно не используется.

2. Сложность регулировки влажности готового продукта, обусловленная обязательным применением сорбента. Данный и, пожалуй, важнейший технологический параметр экструдированного помета зависит от количества добавляемого к обрабатываемому сырью сорбента и их влажности, а также давления воздуха в вакуумной камере, регулировка которого конструкцией не предусмотрена. При этом в случае недостаточно высокой влажности помета или навоза (например, в случае использования подстилки) применение экструдера без предварительного увлажнения обрабатываемого сырья затруднено [3, 4].

Исключить эти недостатки можно замещением части энергии привода, необходимой для реализации рабочего процесса машины, энергией (теплой) горячего пара, выделяющегося из экструдата в процессе его интенсивного обезвоживания. Для этого обрабатываемое сырье перед подачей в экструдер предварительно нагревается с помощью горячего пара, поступающего из воздушной камеры машины.

Регулирование влажности обрабатываемого сырья предлагается осуществлять путем продувки через его слой горячего влажного водяного пара или горячего подсушенного водяного пара (при включенных ТЭНах).

Регулирование влажности готового продукта удобно осуществлять влажностью обрабатываемого сырья, а также давлением в вакуумной камере экструдера с помощью вакуум-регулятора.

Конструктивно-технологическая схема модернизированного экструдера, позволяющая реализовать эти предложения, приведена на рис. 2 и включает в себя загрузочную камеру 1, шнек 2, корпус 3, фильеру матрицы 4, воздушную камеру 5, два шлюзовых затвора 6 и 8, вакуумную камеру 7, ва-

куум-баллон 9, вакуум-регулятор 10, вакуум-метр 11 и вакуумный насос 12.

В верхней части экструдера смонтирован конвейер, выполненный в виде сетчатой ленты 16, перемещаемой с помощью приводного вала 17 и ведомого вала 15. Между конвейером и экструдером находятся воздушные ТЭНы 14 и вентилятор 13, соединенный с воздушной камерой 5 посредством воздуховода [11].

Приведенная схема экструдера имеет два цикла охлаждения обрабатываемого помета – в воздушной камере 5 и вакуумной камере 7, каждая из которых имеет свой тепловой режим. Очевидно, что теплота, выделяющаяся из экструдированного помета в вакуумной камере, полезно не используется.

Рабочий процесс агрегата для термовакуумной обработки куриного помета, конструктивно-технологическая схема, которого приведена на рис. 3, лишена этого недостатка.

Агрегат включает экструдер 6 с загрузочным бункером 7, вакуумную камеру 1, оснащенную шлюзовым затвором 5 и вакуумной системой, а также вентилятор 11, ТЭН 10 и сетчатый конвейер 8 [13].

Особенностью рабочего процесса данного агрегата можно считать наличие воздушного клапана, который позволяет регулировать степень повышения парциального давления водяного пара над поверхностью экструдата и соответственно регулировать взаимосоотношение различных путей фазовых переходов (вода/водный раствор – пар или вода/водный раствор – лед – пар).

В конечном итоге интенсивность испарения воды с поверхности экструдата в результате декомпрессионного взрыва горячего пара будет заметно коррелировать с массой подаваемого воздуха в вакуумную камеру с помощью воздушного клапана. За счет этого путем закрытия и открытия воздуш-

ного клапана можно более тонко регулировать интенсивность сушки готового продукта. При этом фазовые переходы при таком способе сушки можно сдвигать в нужном направлении за счет регулирования величины разрежения воздуха в вакуумной камере с помощью вакуум-регулятора. Обе эти регулировки будут существенно влиять на теплоту, передаваемую помету, находящемуся на сетчатом конвейере и, следовательно – на интенсивность предварительного обезвоживания обрабатываемого сырья.

Еще большей эффективности экструзионной обработки куриного помета можно добиться за счет применения оборудования для его предварительного механического обезвоживания. С этой целью можно применять различное оборудование, работающее по принципу отделения части влаги путем прессования сырья.

С этой целью можно, например, использовать винтовую прессовую машину непрерывного действия, позволяющую снизить влажность помета с 70-75 до 50-55 %, что существенно уменьшит энергозатраты на последующую экструзионную либо иную обработку [2].

Также возможно применение экструдеров, работающих по схеме пресса для получения растительного масла или имеющих конструктивные осо-

бенности, позволяющие в процессе работы удалять часть влаги из сырья – перфорированный рабочий цилиндр, межфланцевый зазор между мундштуком и корпусом экструдера и т.д. [8, 9].

Выводы

Технологическая обоснованность и экономическая целесообразность переработки куриного помета в органическое удобрение определяются его количеством и влажностью. Известные к настоящему времени технологии переработки куриного помета применимы лишь в отношении его подстилочной разновидности, так как позволяют снизить влажность обрабатываемого сырья не более чем на половину от первоначальной за один цикл обработки. Условием эффективной переработки бесподстилочного помета методом экструзии является дополнительная технологическая операция, связанная с предварительным обезвоживанием этого сырья. В работе дан анализ технических средств для выполнения данной операции и предложена конструктивно-технологическая схема агрегата, позволяющего регулировать интенсивность предварительного обезвоживания перерабатываемого в удобрение сырья.

Литература

- [1] ГОСТ 33830-2016. Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2020. – 12 с.
- [2] Запечалов, М. В. Механическое обезвоживание птичьего помета при его глубокой переработке /М.В. Запечалов, В.В. Качурин //Птицеводство. 2020. №. 5-6. С. 75-78.
- [3] Курочкин, А.А. Системный подход к разработке экструдера для термовакуумной обработки экструдата /А.А. Курочкин // Инновационная техника и технология. 2014. № 4 (01). С. 17-22.
- [4] Курочкин, А. А. Совершенствование способов переработки куриного помета на основе анализа их обобщенной классификации /А.А. Курочкин, М.А. Потапов //Инновационная техника и технология. 2024. Т. 11, № 1. С. 46-51.
- [5] Мельник, В.А. Птичий помёт: пути решения проблемы /В.А. Мельник, И.И. Ивко // Эффективне птахівництво. 2006. № 1. С. 29-37.
- [6] Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета. РД-АПК 1.10.15.02-17.
- [7] Нормы технологического проектирования птицеводческих предприятий. НТП-АПК

References

- [1] GOST 33830-2016. Organic fertilizers based on livestock waste. Specifications. Moscow: Standartinform, 2020. – 12 p.
- [2] Zapevalov, M. V. Mechanical dehydration of poultry manure during its deep processing / M. V. Zapevalov, V. V. Kachurin // Poultry farming. 2020. No. 5-6. Pp. 75-78.
- [3] Kurochkin, A. A. A systems approach to the development of an extruder for thermal vacuum processing of extrudate / A. A. Kurochkin // Innovative equipment and technology. 2014. No. 4 (01). Pp. 17-22.
- [4] Kurochkin, A. A. Improving methods for processing chicken manure based on the analysis of their generalized classification / A. A. Kurochkin, M.A. Potapov // Innovative equipment and technology. 2024. Vol. 11, No. 1. P. 46-51.
- [5] Melnik, V.A. Bird droppings: solutions to the problem /V.A. Melnik, I.I. Ivko // Effective poultry farming. 2006. No. 1. P. 29-37.
- [6] Methodological recommendations for the technological design of systems for removing and preparing manure and droppings for use. RD-APK 1.10.15.02-17.
- [7] Standards for the technological design of poultry enterprises. NTP-APK 1.10.05.001-01 (approved by the Ministry of Agriculture of the Russian Federation on August 28, 2001).
- [8] Patent. 2439870 Russian Federation IPC A01C 3/00 Device for pressing poultry manure / applicants: A.V.

- 1.10.05.001-01 (утв. Минсельхозом РФ 28.08.2001).
- [8] Пат. 2439870 Российская Федерация МПК А01С 3/00 Устройство для прессования птичьего помета /заявители: А.В. Старунов, Ж.А. Нурписов, Ю.И. Аверьянов и др.; патентообладатель: ФГБОУ ВО Челябинская ГАА. – №2010134206/13; заявл. 16.08.2010; опубл. 20.01.2012 Бюл. № 2. 8 с.
- [9] Пат. 2491265 Российская Федерация МПК C05F 3/06 А01С 3/00 Способ переработки подстилочного помета и навоза крупного и мелкого рогатого скота в топливные брикеты /заявители: М.А. Николаев, А.И. Мазуров; патентообладатель: ООО «Аудиторская компания «Алексо-Аудит». – №2012105552/13; заявл. 17.02.2012; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 24. 8 с.
- [10] Пат. № 193201 Российская Федерация МПК А23Р 10/25. Экструдер для переработки влажной массы в виде птичьего помета или навоза /заявитель: С.П. Игнатьев; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВО «Ижевская ГСХА». – № 2019113281; заявл. 29.04.2019; опубл. 16.10.2019, Бюл. № 29. 6 с.
- [11] Пат. № 204880 U1 Российская Федерация МПК C05F 3/06. Экструдер для переработки влажной массы в виде птичьего помета или навоза /заявитель и патентообладатель: М. А. Потапов: – № 2020136956 : заявл. 10.11.2020 : опубл. 16.06.2021, Бюл. № 17. 7 с.
- [12] Потапов, М. А. К вопросу совершенствования технологии переработки птичьего помета /М.А. Потапов, А.А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – 2018. – Т. 5. – №. 1. – С. 25-29.
- [13] Фролов, Д. И. Экструдирование высоковлажных отходов птицеводства для получения удобрений /Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, М.А. Потапов //Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. Т. 6. №. 2. С. 18-24.
- [14] Фролов, Д.И. Теоретическое описание процесса взрывного испарения воды в экструдере с вакуумной камерой /Д.И. Фролов, А.А. Курочкин, Г.В. Шабурова, П.К. Воронина //Инновационная техника и технология. 2015. № 1 (2). С. 29- 34.
- Starunov, Zh.A. Nurpisov, Yu.I. Averyanov et al.; patent holder: FGBOU VO Chelyabinsk State Agrarian University. – No. 2010134206/13; declared 16.08.2010; published 20.01.2012 Bulletin No. 2. 8 p.
- [9] Patent. 2491265 Russian Federation IPC C05F 3/06 A01C 3/00 Method for processing litter and manure of large and small cattle into fuel briquettes / applicants: M.A. Nikolaev, A.I. Mazurov; Patent holder: LLC «Audit company «Alexo-Audit». - No. 2012105552/13; declared 17.02.2012; published 27.08.2013, Bulletin No. 24. 8 p.
- [10] Patent No. 193201 Russian Federation IPC A23P 10/25. Extruder for processing wet mass in the form of bird droppings or manure / applicant: S.P. Ignatiev; applicant and patent holder Federal State Educational Institution of Higher Education «Izhevsk State Agricultural Academy». - No. 2019113281; declared 29.04.2019; published 16.10.2019, Bulletin No. 29. 6 p.
- [11] Patent № 204880 U1 Russian Federation IPC C05F 3/06. Extruder for processing wet mass in the form of bird droppings or manure / applicant and patent holder: M. A. Potapov: - № 2020136956: declared. 11/10/2020: published. 06/16/2021, Bulletin No. 17. 7 p.
- [12] Potapov, M. A. On the issue of improving the technology for processing bird droppings / M. A. Potapov, A. A. Kurochkin // Innovative equipment and technology. - 2018. - Vol. 5. - No. 1. - P. 25-29.
- [13] Frolov, D. I. Extrusion of high-moisture poultry waste to produce fertilizers / D. I. Frolov, A.A. Kurochkin, M.A. Potapov // Bulletin of the Samara State Agricultural Academy. 2021. Vol. 6. No. 2. P. 18-24.
- [14] Frolov, D.I. Theoretical description of the process of explosive evaporation of water in an extruder with a vacuum chamber / D.I. Frolov, A.A. Kurochkin, G.V. Shaburova, P.K. Voronina // Innovative equipment and technology. 2015. No. 1 (2). P. 29-34.

Сведения об авторах

Information about the authors

<p>Куручкин Анатолий Алексеевич доктор технических наук профессор кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 Тел.: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru</p>	<p>Kurochkin Anatoly Alekseevich D.Sc. in Technical Sciences professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University Phone: +7(927) 382-85-03 E-mail: anatolii_kuro@mail.ru</p>
<p>Аширов Равиль Ринатович аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Ashirov Ravil Rinatovich upostgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>
<p>Козлов Е.Г. аспирант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11</p>	<p>Kozlov E.G. upostgraduate student of the department «Food productions» Penza State Technological University</p>