

ПЕРЕРАБОТКА ЖИДКОГО НАВОЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ КАК СПОСОБ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

И.М. Швед,

ст. преподаватель каф. технологий и механизации животноводства БГАТУ

Большие объемы навоза, получаемого на животноводческих фермах и комплексах, приводят к необходимости его переработки. Если навоз правильно не утилизировать, то в процессе его разложения будет выделяться углекислый газ, а для хранения требуются хранилища больших объемов. Переработка навоза для получения топливных пеллет и повторного внесения подстилки позволяет уменьшить объемы отходов на фермах. При этом топливные пеллеты являются хорошим источником тепловой энергии, так как обладают высокой теплотворной способностью, а их стоимость ниже, чем стоимость топлива, применяемого в отопительном оборудовании. Зола, получаемая после сжигания таких топливных пеллет, содержит много микроэлементов, что делает ее превосходным неорганическим удобрением. В свою очередь, полученная при переработке навоза подстилка, экологически безвредна для животных вследствие уничтожения болезнетворных бактерий при воздействии высокой температуры. В статье описано влияние животноводческих отходов на экологическую обстановку вокруг ферм и комплексов. Приведен сравнительный анализ миксеров с установленным коническим кожухом и без него. Предложена технологическая схема переработки жидкого навоза для получения топливных пеллет и повторного внесения подстилки.

Ключевые слова: ферма, комплекс, навоз, навозохранилище, животноводческие отходы, навозные стоки, переработка навоза, охрана окружающей среды.

Large volumes of manure produced on livestock farms and complexes lead to the need for its processing. If manure is not properly disposed of, then carbon dioxide will be released during its decomposition, and large storage facilities are required. By recycling manure for fuel pellets and litter reapplication, farm waste volumes can be reduced. At the same time, fuel pellets are a good source of thermal energy, since they have a high calorific value, and their cost is lower than the cost of fuel used in heating equipment. Also, the ash obtained after burning such fuel pellets contains a lot of trace elements, which makes it an excellent inorganic fertilizer. In turn, the bedding obtained during the processing of manure is environmentally friendly for animals due to the destruction of pathogenic bacteria when exposed to high temperatures. The impact of livestock waste on the ecological situation around farms and complexes is described in the article. A comparative analysis of mixers with and without a conical casing is given. The technological scheme of liquid manure processing for the production of fuel pellets and litter reapplication is presented.

Key words: farm, complex, manure, manure storage facility, livestock waste, manure effluents, manure processing, environmental protection, fuel pellets.

Введение

Животноводство является одной из основных отраслей сельскохозяйственного производства республики. Скотоводство – одна из ведущих отраслей животноводства (в мясном балансе говядина и телятина занимают более 40 %), являющаяся основным источником финансовых средств для развития производственной и социальной базы в агропромышленном комплексе страны. Удельный вес отрасли в объеме товарной продукции сельского хозяйства составляет 22-27 % [1].

В советское время в Беларуси было построено свыше 200 животноводческих комплексов промышленного типа по производству свинины и говядины. Ввиду того, что производство товарной продукции на комплексах приближено к промышленному, их эксплуатация показала, что по своим характеристикам

они превосходят обычные фермы, работающие по традиционным технологиям.

По мере увеличения продолжительности эксплуатации ферм и комплексов возникал ряд проблем. Основной проблемой стал выход большого объема навоза, прямого источника загрязнения поверхностных вод и атмосферного воздуха, что повлияло на рост заболеваемости животных.

Исследования ряда научных учреждений Беларуси показали, что животноводческие комплексы являются серьезным источником загрязнения окружающей среды. Основными факторами загрязнения воздушного бассейна, почвы и водоемов животноводческими предприятиями являются вентиляционные выбросы, навоз, моча, техническая вода и дезинфицирующие средства, используемые при проведении ветеринарно-санитарных мероприятий [2, 3].

Исследованиями, направленными на улучшение экологической обстановки вокруг животноводческих объектов путем переработки жидкого и полужидкого навоза, занимались ученые – Ильясов О.Р., Неверова О.П., Степук Л.Я., Лукашевич Н.Н., Капустин В.П. и др. [4-6].

При эксплуатации животноводческих ферм и комплексов обычно не принимается во внимание проблема охраны окружающей среды, которая напрямую зависит от своевременной утилизации навоза из навозохранилищ. Игнорирование данной проблемы может привести к таким последствиям, как резкое снижение качества продукции растениеводства, опасное загрязнение водного и воздушного бассейна, рост заболеваемости животных и населения, проживающего в непосредственной близости к источнику загрязнения.

Уровень заболеваемости населения в районах функционирования крупных животноводческих предприятий в 1,6 раза превышает ее средний показатель по республике [7]. В данных районах экологическая обстановка вблизи животноводческих объектов может подходить к критическим показателям. В этом случае ущерб, вызываемый заболеваниями населения и животных, не поддается даже приблизительной оценке.

Утвержденной государственной программой «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы сформулированы следующие задачи: повышение конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции и продуктов питания; наращивание экспортного потенциала; развитие экологически безопасного сельского хозяйства, ориентированного на укрепление продовольственной безопасности страны; обеспечение полноценного питания и здорового образа жизни населения [8].

Для осуществления поставленных задач необходимо развитие новых направлений в технологии содержания животных на фермах и комплексах. Одним из таких направлений может быть совершенствование процесса переработки жидкого, полужидкого навоза для получения вторичного сырья, что приведет к уменьшению попадания вредных веществ в водный и воздушный бассейн.

Целью настоящей работы является повышение эффективности использования жидкого и полужидкого навоза путем переработки его во вторичное сырье, отвечающее экологическим требованиям.

Основная часть

Во всем объеме органических удобрений, используемых в республике, на долю бесподстилочного навоза приходится более 60 %, что приводит к необходимости совершенствовать экологически безопасную высокоэффективную технологию его использования [9].

Бесподстилочный навоз в своем составе не содержит подстилочного материала, или содержит его в ограниченном количестве и подразделяется на полужидкий (влажность 86-92 %), жидкий (влажность 92-97 %) и навозные стоки (влажность более 97 %) [2].

Отходы животноводства, к которым можно отнести и бесподстилочный навоз, остаются одними из

основных факторов загрязнения окружающей среды, что приводит к необходимости их последующей переработки.

Если навоз переработать, то он превращается в качественное органическое удобрение, которое может составить конкуренцию минеральным удобрениям.

Переработка бесподстилочного навоза подразумевает длительное его выдерживание в навозохранилищах. Все навозохранилища должны оснащаться оборудованием для перемешивания и откачки навоза с последующей его транспортировкой в перерабатывающие цеха.

Процесс перемешивания навоза в навозохранилище миксером применяется для интенсификации самосогревания хранящейся массы, предотвращения осадения осадка или получения однородного состояния перед последующей выгрузкой. Ввиду больших размеров навозохранилищ устанавливается миксер с пропеллерной мешалкой, способной перемещать поток жидкого навоза в осевом направлении.

Основными показателями, характеризующими процесс перемешивания, являются интенсивность и эффективность перемешивания, а также затраты энергии на проведение процесса.

Эффективность миксера характеризует качество проведения процесса перемешивания жидкого навоза в навозохранилище и может быть представлена однородностью перемешивания, зависящей от конструктивных параметров мешалки, а также выражается удельной энергоемкостью данного процесса.

Интенсивность перемешивания характеризуется временем, затраченным на выполнение технологического процесса, или числом оборотов мешалки в случае фиксированной продолжительности процесса. Так, чем выше интенсивность перемешивания, тем меньше времени потребуется для достижения необходимого эффекта перемешивания навозной массы. С целью улучшения данного показателя разработана мешалка [10]. В ходе проведения экспериментальных исследований установлены ее рациональные конструктивно-кинематические параметры, влияющие на удельную энергоемкость процесса перемешивания жидкого навоза: диаметр мешалки находится в пределах 520-580 мм, число оборотов мешалки в пределах 340-380 мин⁻¹ и угол подъема винтовой линии лопастей равен 32°-38°. При указанных значениях потребляемая мощность миксера находится в пределах 3,10-5,45 кВт, а удельная энергоемкость процесса перемешивания жидкого навоза составляет 2,82-5,46 кВт·ч/м³. При использовании миксера в навозохранилище объемом 3000 м³ с модернизированной мешалкой однородность жидкого навоза составила 86,7 %, степень однородности жидкого навоза по сравнению с базовым вариантом увеличилась на 2,7 %.

Когда навоз в хранилище периодически перемешивается (не реже одного раза в неделю), целесообразно применять мешалку без дополнительных устройств, так как это позволит сократить время на обслуживание оборудования.

В случае, когда в навозохранилище произошло осаднение и уплотнение осадка, необходимо применять миксеры с насадками или кожухами. Установка таких дополнительных устройств позволяет создавать более мощный направленный поток навозной массы, так как движение в кожухе сопровождается увеличением скорости и падением давления, что позволит погружать миксер не до самого дна и использовать его более эффективно в хранилищах больших объемов.

Определение оптимальных конструкционных параметров кожуха для осуществления рабочего процесса перемешивания жидкого навоза сложно и должно решаться как теоретическими, так и экспериментальными исследованиями.

Для осуществления размыва уплотненного осадка и последующего его перемешивания во всем объеме навозной массы в навозохранилище, необходимо разработать кожух, позволяющий получить мощный поток жидкого навоза. С учетом влияния конструкционных параметров кожуха на коэффициент сопротивления целесообразно применять кожух, имеющий коническую форму.

С учетом вышеизложенного сконструирован конический кожух [11], имеющий следующие геометрические размеры: диаметр основания равен 585 мм, диаметр выходного отверстия сопла – 380 мм и угол образующей боковой поверхности – 30°.

Сравнительные испытания предлагаемой конструкции конического кожуха проведены на изготовленной для этой цели экспериментальной установке (рис. 1).

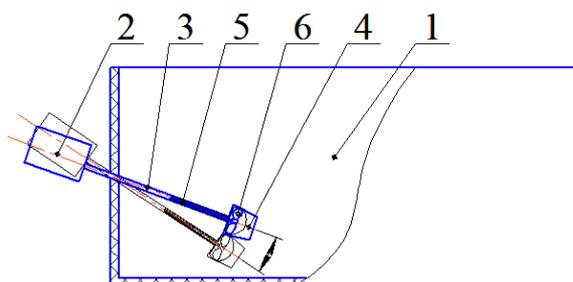


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки:
1 – емкость; 2 – привод мешалки; 3 – труба;
4 – кожух; 5 – вал; 6 – мешалка

В ходе проведения экспериментальных исследований были установлены рациональные конструктивно-кинематические параметры миксера с коническим кожухом, влияющие на удельную энергоёмкость процесса перемешивания жидкого навоза: диаметр выходного отверстия сопла кожуха находится в пределах 380-425 мм, угол наклона миксера к осадку составляет 20°-25°, число оборотов мешалки миксера

находится в пределах 320-350 мин⁻¹. Экспериментальная установка с разными геометрическими параметрами кожуха использовалась при проведении испытаний по размыву осадка навоза. В ходе проведенных исследований установлены также оптимальные значения высоты расположения миксера в навозохранилище: 690-950 мм. При указанных значениях потребляемая мощность миксера находится в пределах 4,2-5,5 кВт, а удельная энергоёмкость процесса перемешивания жидкого навоза составляет 4,1-5,25 кВт·ч/м³.

Для сравнительной оценки миксеров с установленным кожухом и без него, рассмотрим показатели интенсивности механического перемешивания и эффективности миксера (табл. 1).

Интенсивность механического перемешивания оценивается посредством среднеквадратичного градиента скорости G , который определяется по формуле [12]

$$G = \left(\frac{\varepsilon}{\mu_a} \right)^{0,5}, \quad (1)$$

где ε – мощность, диссипируемая в единице объема жидкости (удельная скорость диссипации энергии), Вт/м³;

μ_a – динамическая вязкость жидкости, Па·с.

Эффективность миксера характеризует качество проведения процесса и может быть выражена поразному в зависимости от цели перемешивания. Для каких бы целей не осуществлялся процесс перемешивания жидкого навоза, эффективность миксера зависит от затрат мощности, вводимой в перемешиваемую навозную массу, и определяется по формуле [13]

$$\Theta = \frac{V}{N\tau}, \quad (2)$$

где V – объем перемешиваемого жидкого навоза, м³;

N – потребляемая мощность, кВт;

τ – время перемешивания, ч.

Анализ таблицы 1 показал, что установка конического кожуха на миксере позволяет повысить интенсивность и эффективность перемешивания при снижении удельной энергоёмкости, затрачиваемой на процесс. При этом, установив конический кожух, целесообразно уменьшить число оборотов мешалки. Это связано с тем, что при движении навозной массы в коническом кожухе возникают гидравлические сопротивления на внутренних стенках, ограничивающих поток жидкого навоза.

Оборудование и технологии переработки навоза требуют значительных финансовых затрат. В связи с этим разработка низкзатратных высокоэффективных

Таблица 1. Результаты сравнительной оценки миксера

Наличие кожуха на миксере	Пороговое число оборотов мешалки, мин ⁻¹	Удельная энергоёмкость процесса перемешивания, кВт·ч/м ³	Интенсивность перемешивания G , с ⁻¹	Эффективность перемешивания Θ , м ³ /(кВт·ч)
без кожуха	380	5,46	4,76	0,47
с кожухом	350	5,25	4,79	0,54

технологий, направленных на решение проблемы утилизации бесподстилочного навоза, приобретает огромное значение в вопросах охраны окружающей среды, сохранения здоровья населения и животных, повышения охраны труда рабочих, повышения плодородия почвы, что в конечном итоге позволит получить ощутимый экономический и экологический эффект.

Одна из наиболее эффективных технологий, обеспечивающих переработку бесподстилочного навоза, может быть применена по технологической схеме (рис. 2), суть которой состоит в следующем.

Из помещений для содержания животных навоз поступает в навозоприемник, а оттуда насосом транспортируется в навозохранилище. Перед утилизацией из навозохранилища он должен быть перемешан до однородного состояния. Ввиду его расслоения перемешивание хранящейся навозной массы должно быть осуществлено миксером непосредственно перед выкачиванием для последующей сепарации. Сепарацию применяют для снижения влажности навозной массы до уровня 60-85 %, что позволяет подготовить навоз для переработки или транспортировки. Сепаратор позволяет осуществлять разделение жидкого навоза на фракции: жидкую фракцию влажностью 96-97 % и твердую фракцию влажностью 65-70 %.

Получаемая после сепаратора жидкая фракция не имеет запаха и содержит только мелкодисперсные частицы, находящиеся во взвешенном состоянии, что позволяет вносить ее в почву при помощи шланговых систем или машинами для внесения жидких органических удобрений РЖТ-11, МЖТ-Ф-11, МЖУ-16 и др.

При хранении бесподстилочного навоза потери

азота и органических веществ составляют 8-15 % и 6-20 % соответственно [14], что приводит к необходимости его компостирования перед дальнейшим внесением в почву.

Обезвоженная после сепаратора твердая фракция навоза может быть использована для создания компостов или транспортироваться на досушивание в комплекс переработки отходов КПО-2, FAN BRU и др.

Компостирование пористой рассыпчатой массы обеспечивает хорошее движение воздуха в ней, что уменьшает выделение запаха и снижает вероятность появления мух, грызунов или других паразитов, следовательно, уменьшает вероятность переноса различного рода болезней животным.

Благодаря высокой температуре в сушильных барабанах комплекса, в процессе досушивания твердой фракции навоза происходит уничтожение болезнетворных бактерий, что позволяет на выходе получить сухой материал, не содержащий патогенных возбудителей, который впоследствии может быть использован для вторичного внесения на подстилку животным или производства топливных пеллет.

Для изготовления топливных пеллет твердая фракция навоза может быть перемешана с любыми сушеными или свежими растительными отходами, что увеличит прочность готового изделия, а также повысит тепловую способность. Получаемая при сжигании пеллет тепловая энергия может быть направлена на отопление помещений, ферм, теплиц и другие хозяйственные нужды. Также образовавшаяся после сжигания пеллет зола содержит много микро-

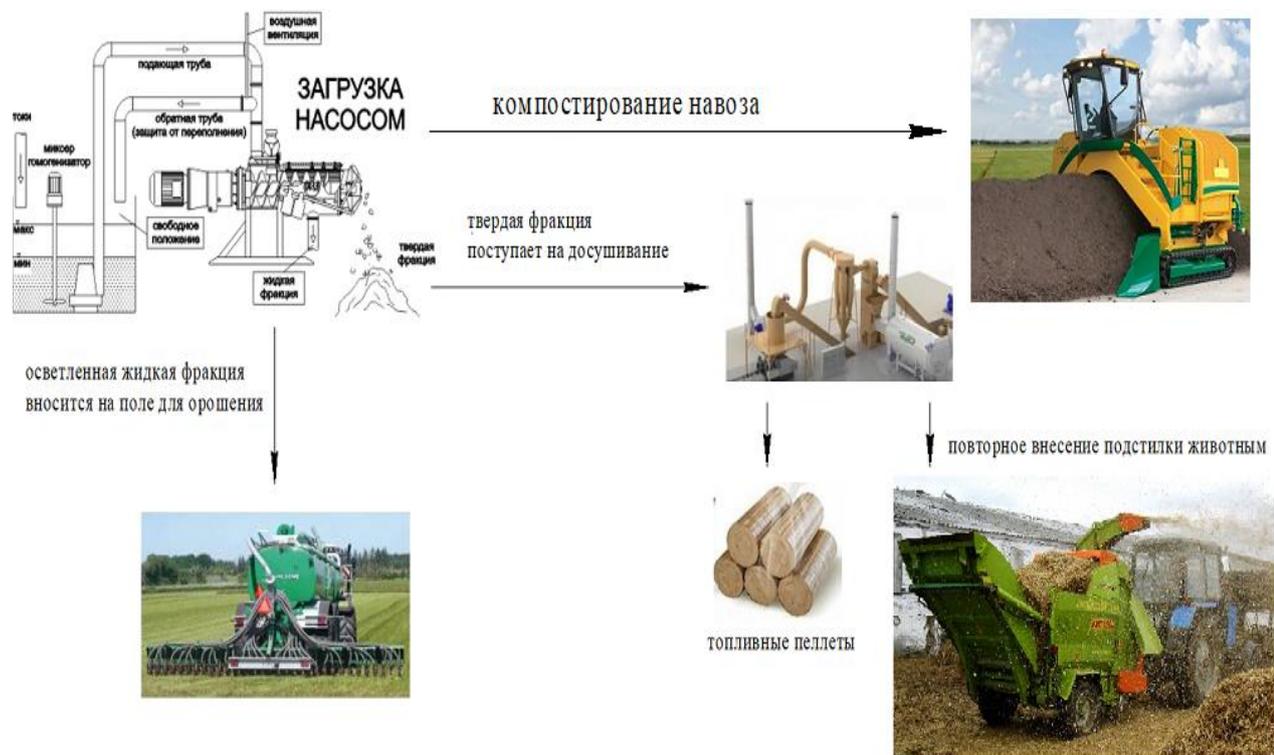


Рисунок 2. Технологическая схема утилизации и переработки навоза

элементов, что делает ее превосходным неорганическим удобрением. При этом стоимость топливных пеллет ниже, чем стоимость топлива, применяемого в отопительном оборудовании.

Заключение

Переработка бесподстилочного навоза подразумевает длительное выдерживание его в навозохранилищах, что приводит к необходимости периодического перемешивания миксером. Применение конического кожуха на миксере позволяет повысить интенсивность и эффективность перемешивания жидкого навоза при снижении удельной энергоемкости на 0,21 кВт·ч/м³.

Использование технологии переработки бесподстилочного навоза методом компостирования препятствует развитию вредных микроорганизмов и насекомых, а также позволяет получить высококачественные органические удобрения, способствующие повышению плодородия почвы и урожайности культур.

Таким образом, внедрение новейших технологий в сельскохозяйственном производстве позволит переработать отходы животноводства и получить при этом полезные для жизнедеятельности человека вторичные материалы. Получаемые в процессе переработки бесподстилочного навоза топливные пеллеты могут быть использованы в качестве заменителя твердого топлива для обогрева помещений, ферм, теплиц, нагрева воды и для других хозяйственных нужд, а также в качестве удобрения в сельском хозяйстве. Все это позволит снизить общий объем получаемых отходов и улучшить экологическую обстановку вокруг животноводческих ферм и комплексов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Раковец, Е.В. Какой быть отрасли скотоводства в Республике Беларусь / Е.В. Раковец // Белорусское сельское хозяйство. – Минск, 2010. – № 5. – С. 9-15.
2. Кольга, Д.Ф. Животноводческие фермы и комплексы – источник экологического давления на окружающую среду / Д.Ф. Кольга, И.М. Швед // Агропанорама. – 2010. – № 4. – С. 32-34.
3. Ильясов, О.Р. Санитарно-гигиеническая проблема загрязнения окружающей среды отходами животноводческих и птицеводческих комплексов / О.Р. Ильясов, О.П. Неверова, Г.В. Зуева, П.В. Шаравьев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – Челябинск, 2017. – Т. 5. – № 3. – С. 59-65.

4. Капустин, В.П. Обоснование способов и средств переработки бесподстилочного навоза / В.П. Капустин. – Тамбов: ТГТУ, 2002. – 80 с.
5. Друзьянова, В.П. Энергосберегающая технология переработки навоза крупного рогатого скота: дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / Друзьянова В.П. – Улан-Удэ, 2015. – 263 с.
6. Лимаренко, Н.В. Повышение эффективности обеззараживания бесподстилочного навоза: дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / Лимаренко Н.В. – Рязань, 2021. – 312 с.
7. Самосюк, В.Г. Проблемы применения навоза в Беларуси, России и пути их решения / В.Г. Самосюк, Л.Я. Степук, В.Р. Петровец, Н.М. Морозов, П.И. Гриднев, Г.И. Личман // Вестник ВНИИМЖ. – 2011. – № 4 (4). – С. 16-26.
8. Государственная программа «Аграрный бизнес» на 2021-2025 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 01 февр. 2021 г., № 59 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.by/main.aspx?guid=12551&p0=C21400137&p1=1&p5=0>. – Дата доступа: 11.11.2022..
9. Кольга, Д.Ф. Переработка навоза в экологически безопасные органические удобрения / Д.Ф. Кольга, А.С. Васько. – Минск: БГАТУ, 2017. – 128 с.
10. Гомогенизатор для навоза: пат. 7700 Респ. Беларусь, МПК А 01С 3/00 / А.В. Китун, И.М. Швед, В.И. Передня; заявитель Белор. гос. аграрн. технич. ун-т. – № u 20110318; заявл. 21.04.2011; опубл. 30.10.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 5. – С. 202-203.
11. Гомогенизатор для навоза: пат. 7203 Респ. Беларусь, МПК А 01С 3/00 / А.В. Китун, И.М. Швед, В.И. Передня; заявитель Белор. гос. аграрн. технич. ун-т. – № u 20100799; заявл. 22.09.2010; опубл. 30.04.2011 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 2. – С. 151-152.
12. Григорьева, А.Н. К выбору типа и частоты вращения мешалки для эффективного перемешивания флокулянтов в воде / А.Н. Григорьева, Р.Ш. Абиев // Вода и экология: проблемы и решения. – СПб.: СПбГАСУ, 2020. – № 2 (82) – С. 27-36.
13. Иванец, В.Н. Методы интенсификации гидромеханических процессов: учеб. пособие / В.Н. Иванец, Б.А. Лобасенко. – Кемерово: КТИПП, 2003. – 84 с.
14. Применение органических удобрений в интенсивном земледелии: рекомендации / И.Р. Вильдфлуш [и др.]. – Горки: БГСХА, 2015. – 50 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 02.12.2022