

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Направление Агроинженерия
Профиль Технические системы в агробизнесе
Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

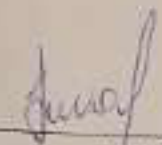
ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: Совершенствование технологии переработки навоза с разработкой
конструкции сепаратора

Шифр: ВКР 35.03.06.208.21.00.00.00.ПЗ

Студент

Б272-05у



подпись

/Биков Р.И./
Ф.И.О.

Руководитель

профессор
ученое звание



подпись

/Шогенов Ф.Х./
Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите
(протокол № 8 от 03.03.2021 г.)

Зав. кафедрой

к.т.н., доцент
ученое звание



подпись

/Халиуллин Д.Т./
Ф.И.О.

Казань – 2021 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Направление Агроинженерия
Профиль Технические системы в агробизнесе
Кафедра машин и оборудования в агробизнесе

«УТВЕРЖДАЮ»
Зав. кафедрой
/ Халиуллин Д.Т. /
« 22 » января 2021 г.

ЗАДАНИЕ
на выпускную квалификационную работу
Студенту Бикову Р.И.

Тема ВКР: Совершенствование технологии переработки навоза с разработкой конструкции сепаратора

утверждена приказом по вузу от « 24 » 02 2021 г. № 51

2. Срок сдачи студентом законченной ВКР: 10.03. 2021 г.

3. Исходные данные:

- 1) Отчет преддипломной практики;
- 2) Патенты сепараторов навозной массы;
- 3) СНиПы технологических линий по обработке и переработке навоза

4. Перечень подлежащих разработке вопросов:

- 1) Обзор и анализ существующих технологий и машин для обработки навоза.
- 2) Проектирование технологии по обработке навоза.
- 3) Разработка сепаратора навозной массы.

5. Перечень графических материалов:
- 1) Предлагаемая технология удаления и обработки навоза;
 - 2) План цеха разделения навоза на фракции;
 - 3) Существующие конструкции сепараторов и прессов;
 - 4) Сборочный чертеж предлагаемой конструкции сгустителя;
 - 5) и 6) Рабочие чертежи предлагаемой конструкции пресса

6. Консультанты по ВКР

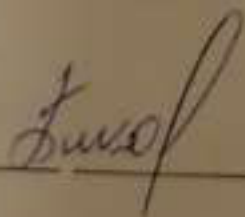
Раздел (подраздел)	Консультант
Безопасность жизнедеятельности	
Экономическое обоснование	
Конструктивная часть	

7. Дата выдачи задания 25.12. 2020 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1.			100%
2.			100%
3.			100%

Студент



/ Биков Р.И./

Руководитель ВКР



/Шогенов Ф.Х./

К выпускной квалификационной работе Бикова Раниса Инсафовича на тему: «Совершенствование технологии переработки навоза с разработкой конструкции сепаратора».

Работа состоит из пояснительной записки на _____ листах машинописного текста и графической части на _____ листах формата А1.

Записка состоит из введения, трех разделов, выводов и включает _____ рисунков, _____ таблиц. Список использованной литературы содержит 22 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы проекта.

В первом разделе выполнен литературно-патентный обзор. Проведен анализ технологий и способов обработки и переработки навоза, а так же выявлены недостатки применяемых конструкций. Поставлены цели и задачи проектирования.

Во втором разделе разработана технология удаления и обработки навоза, проведен расчет самотечной гидравлической системы удаления навоза, навозохранилищ для жидкой фракции, напорных навозопроводов и выбор насосов.

В третьем разделе произведен выбор и обоснование новой конструкции сепаратора, произведены необходимые конструктивные расчёты. Разработаны мероприятия безопасной, экологической эксплуатации предлагаемой конструкции и по улучшению здоровья персонала на производстве. Произведен расчёт технико-экономических показателей предлагаемой конструкции.

Записка завершается выводами и предложениями.

ABSTRACT

To the final qualifying work of Bikov Raris Insafovich on the topic «Improving the technology of manure processing with the development of the separator design».

The work consists of an explanatory note on sheets of typewritten text and a graphic part on 6 sheets of A1 format.

The note consists of an introduction, three sections, conclusions and includes ___ figures, ___ tables. The list of references contains 22 items.

The introduction explains the relevance of the project topic.

The first section contains a literature and patent review. The analysis of technologies and methods of processing and processing of manure is carried out, as well as the shortcomings of the applied structures are revealed. The goals and objectives of the design are set.

In the second section, the technology of manure removal and treatment is developed, the calculation of the gravity hydraulic system for manure removal, manure storage facilities for liquid fraction, pressure manure pipelines and the choice of pumps are carried out.

In the third section, the new design of the inertial thickener is selected and justified, and the necessary design calculations are made. Measures have been developed for the safe, environmental operation of the proposed design and for improving the health of personnel at work. The calculation of the technical and economic indicators of the proposed design is made.

The note concludes with conclusions and suggestions.

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ	6
1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР	8
1.1 Технологии и способы обработки и переработки навоза	8
1.2 Методы переработки навоза в полноценное органическое удобрение	9
1.3 Технологии и методы переработки навоза в топливо	10
1.4 Обзор существующего оборудования для механического разделения навоза	11
1.5 Обзор и анализ технических решений	15
1.6 Цели и задачи проектирования	21
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	22
2.1 Выбор и обоснование новой технологии удаления и обработки навоза	22
2.2 Расчёт самотечной гидравлической системы удаления навоза	25
2.3 Расчёт выхода навоза и определение количества хранилищ	28
2.4 Выбор и расчёт навозохранилищ для жидкой фракции	32
2.5 Гидравлический расчёт напорных навозопроводов и выбор насосов	34
3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ	38
3.1 Предлагаемая конструкция инерционного сгустителя	38
3.2 Расчёт производительности инерционного сгустителя	41
3.3 Прочностной расчёт инерционного сгустителя	43
3.4 Правила безопасной и экологической эксплуатации инерционного сгустителя	55
3.5 Физическая культура на производстве	56
3.6 Экономическое обоснование проекта механизации удаления и обработки навоза	56
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	66
СПЕЦИФИКАЦИИ	
ПРИЛОЖЕНИЕ	

ВВЕДЕНИЕ

Органические удобрения являются незаменимым источником пополнения и восстановления плодородия почв. Однако в последние годы вследствие резкого снижения поголовья сельскохозяйственных животных и птицы, разрушения технической базы большинства хозяйств, их тяжелого финансового положения производство и внесение органических удобрений сведено к критическому минимуму. Это, в свою очередь, отрицательно сказывается на урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур, объемах производства продукции полеводства и, как следствие, на доходности и рентабельности хозяйственной деятельности сельхозтоваропроизводителей.

Необходимость устойчивого роста производства растениеводческой продукции, с одной стороны, и высокие требования культур к азотному питанию, с другой, требуют внесения повышенных доз азотных удобрений в агросистемах. Однако их применение нередко приводит к негативным последствиям: недобору или получению урожая низкого качества из-за несоответствия потребности культур в азоте и возможностей регуляции азотного питания за счет почвенных ресурсов в период вегетации растений, загрязнения товарной продукции и окружающей среды различными соединениями азота. Наиболее серьезные экологические последствия связаны с эвтрофикацией водоемов.

Концентрация большого количества животных на небольших площадях создала проблемы удаления, переработки и использования значительных объемов жидкого навоза. Огромное скопление сырого навоза представляет угрозу загрязнения первоначально в районе расположения животноводческого хозяйства, а в дальнейшем может распространиться на обширную территорию. Бесподстилочный навоз комплексов, благополучных в санитарном отношении, не приводит к загрязнению окружающей среды патогенами. Однако прямое его использование допустимо лишь в определенных дозах.

Разработка оптимальной технологии обработки и утилизации навоза позволит повысить урожайность сельскохозяйственных культур и предотвратить загрязнение окружающей среды. Практика показывает, что при длительном применении минеральных удобрений в севооборотах количество гумуса в почве постепенно снижается. А это, в свою очередь, означает снижение потенциальной возможности почвы обеспечивать выращивание на ней максимальных урожаев. Для обеспечения возможности получения максимальных урожаев значение органических удобрений, как источника углерода для воспроизводства потерь гумуса в почве, улучшения её свойств и условий питания растений будет всё более возрастать.

Для того чтобы навоз был эффективен, его необходимо соответствующим образом обработать и подготовить к внесению в почву. Количество и качество органических удобрений зависит от технологии обработки и утилизации. Одна из наиболее прогрессивных технологий - это разделение навоза на фракции, с последующей обработкой и утилизацией каждой из них в отдельности.

1 ЛИТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНЫЙ ОБЗОР

1.1 Технологии и способы обработки и переработки навоза

Навоз – один из наилучших естественных удобрений для сельскохозяйственных растений. Он является лучшим питательным веществом для растений при регулярном использовании одних и тех же участков почвы для мелиорации. Ведь, как известно, многие сельскохозяйственные культуры имеют свойство истощать почву, делая ее менее плодородной в будущем. Например, после выращивания подсолнечника либо кукурузы почва оказывается обедненной, в ней содержится намного меньше веществ, необходимых для нормального роста растений. И никакие минеральные удобрения не смогут достаточно обогатить почву, чтобы на ней можно было вырастить достойный урожай других культур. В особенности данное определение относится к нечерноземной полосе. Там урожай сельскохозяйственных растений напрямую зависят от качества/количества содержания гумуса (перегнившего навоза) в земле. Согласно результатам исследований при внесении в подобные почвы естественных органических удобрений в количестве двадцать-тридцать тонн на каждый гектар способствуют значительному повышению урожайности выращиваемых растений (на сотку): зерновых культур – на 60...70 килограммов, силосных и корнеплодов – на 150...200 килограммов. При продуманном, правильном применении навоз дает прекрасный результат на практически всех типах грунтов.

Ввиду различий в технологии содержания домашних животных различают следующие вариации навоза: подстилочный, бесподстилочный. В основе подстилочного навоза лежат частицы подстилки и твердые/жидкие фекалии домашних животных. Его составляющие, определяющие ценность как удобрительного материала зависят от кормовой базы, вида животных, количества/качества применяемой подстилки и сохранности навоза. Главным образом качество конечного продукта зависит от вида сельскохозяйственных животных. Например, у свиней суммарное количество мочи вдвое превышает

количество твердых фекалий, у коров наоборот количество навоза в 2,5 раза больше, чем мочи. У лошадей процентное соотношение жидких отходов жизнедеятельности к твердым считается равным 2,5.

Так органика, содержащая большее количество жидких выделений, является носителем калийный и азотистых удобряющих составляющих, а твердый кал животных содержит основную массовую долю фосфора. Но это усредненные показатели. На процентное содержание минеральных веществ в органических удобрениях оказывает значительное влияние кормовая база сельскохозяйственных животных. Чем больше жидких и сочных составляющих в корме для животных, тем больше последние выделяют мочи.

1.2 Методы переработки навоза в полноценное органическое удобрение

Правильная переработка отходов жизнедеятельности сельскохозяйственных животных заключается в следующих этапах: сбор, хранение, при необходимости, утилизация. Сбор этой ценной органики осуществляется в крупных хозяйствах двумя основными способами: механическим (бульдозерным либо скребковым) и насосным (гидравлическим).

При этом отходы жизнедеятельности животных обычно укладываются свободно, создавая условия для естественного роста температуры из-за разложения. А полуперепревший навоз затем укладывают плотнее, уменьшая потерю азота из его состава, для чего лучше всего использовать слой торфа, перекрывающий доступ кислорода к навозной массе. В результате по прошествии 2...3 месяцев навоз трансформируется в перегной, наиболее благоприятный для удобрения сельскохозяйственных растений. Вышеописанный способ переработки навоза является традиционным. Но сегодня существуют методы, намного более эффективные. Например, бактериальный.

Для его реализации в свежий навоз добавляют готовые культуры бактерий, способных быстро и качественно его переработать в соединения,

безвредные для сельскохозяйственных растений и максимально адаптированные для легкого усвоения ими. Причем этот способ является универсальным: он оптимально подходит для переработки навоза свиного, птичьего либо крупного рогатого скота. Бактериальный метод переработки отходов жизнедеятельности сельскохозяйственных животных способствует сохранению значительно большего количества азотистых соединений в готовом гумусе и является намного более продуктивным и быстрым. Существуют различия между навозом крупного рогатого скота и свиным. Наиболее существенным является то, что пищеварение свиней ввиду их всеядности во многом схоже с человеческим, тогда как пищеварение КРС характерно исключительно для травоядных животных. В результате получается, что продукт жизнедеятельности крупного рогатого скота, прошедший стадию метанового бескислородного брожения, намного более подходит для непосредственного удобрения сельскохозяйственных растений. А аналогичный продукт жизнедеятельности свиней в свежем виде может навредить представителям растительного царства.

1.3 Технологии и методы переработки навоза в топливо

Навоз животных наряду с птичьим пометом может использоваться не только для приготовления высококлассного органического удобрения, он может быть также отличным сырьем для производства газообразного топлива. Для этого изначальный продукт подвергается анаэробному сбраживанию. В специальных биогазовых конструкциях для этих целей применяют не только навоз животных и птичий помет, а и всевозможные растительные отходы, неостребованные остатки цехов убоя (биоотходы), сточные воды.

Подобные установки несут на себе две функции – изготовление высококачественного органического удобрения и производство энергетического топлива – газовой смеси с теплотворностью двадцать-двадцать пять МДж/м³. Таким образом, продукты переработки животноводства, возможно, использовать не только для удобрения сельскохозяйственных угодий

(после предварительной обработки), но и в качестве сырья для производства биологического топлива – горючей газовой смеси, применяемой для отопления.

1.4 Обзор существующего оборудования для механического разделения навоза

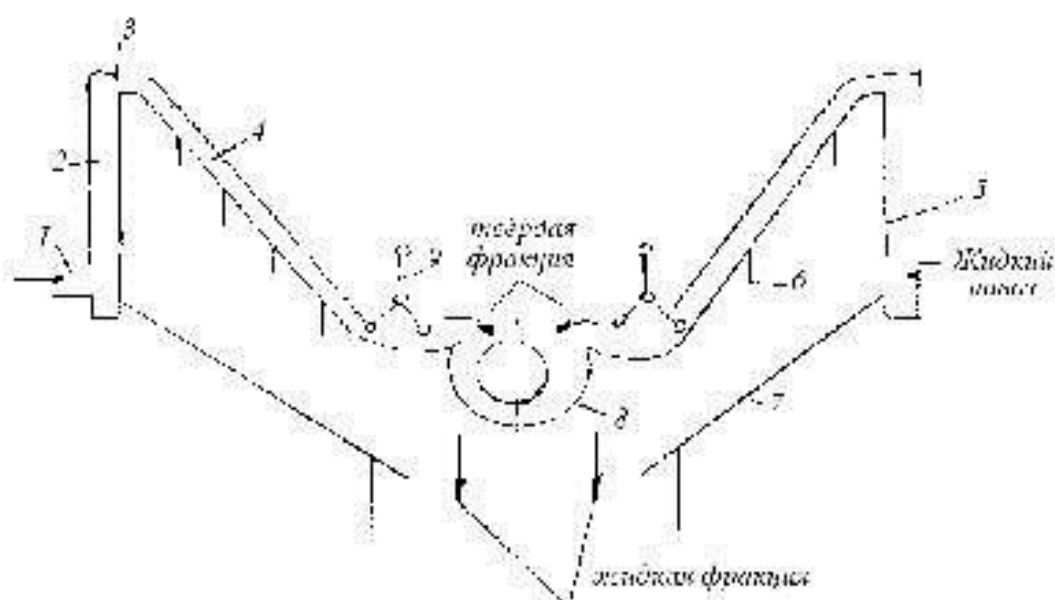
В последние годы широкое распространение получили двухступенчатые технологии разделения навоза на фракции, при которых навоз предварительно сгущается, а затем густая фракция дообезвоживается до влажности 70...75%.

В настоящее время применяется несколько видов конструкции для предварительного сгущения навоза, а для второй стадии разделения навоза на фракции в основном используется пресс - фильтры типа ПЖН.

Для предварительного сгущения навоза свиней применяют различные конструкции дуговых сит, содержащих корпус, на котором крепится фильтровальная перегородка в виде криволинейного сита, распределительные устройства, а также устройства для доотжима и транспортировки твердой фракции. Схема дугового сита представлена на рисунке 1.3.

При работе сита, поступающий в приемную камеру 2 жидкий навоз, через переливной гребень 3 направляется на сито, равномерно распределяется по ширине и, двигаясь по криволинейной перфорированной поверхности, фильтруется. Осадок под действием гравитационных сил попадает на дожимное устройство 9, где дополнительно обезвоживается и направляется на шнековый транспортёр. Фильтрат собирается в поддоне и отводится в хранилище последующей обработки [6, 7].

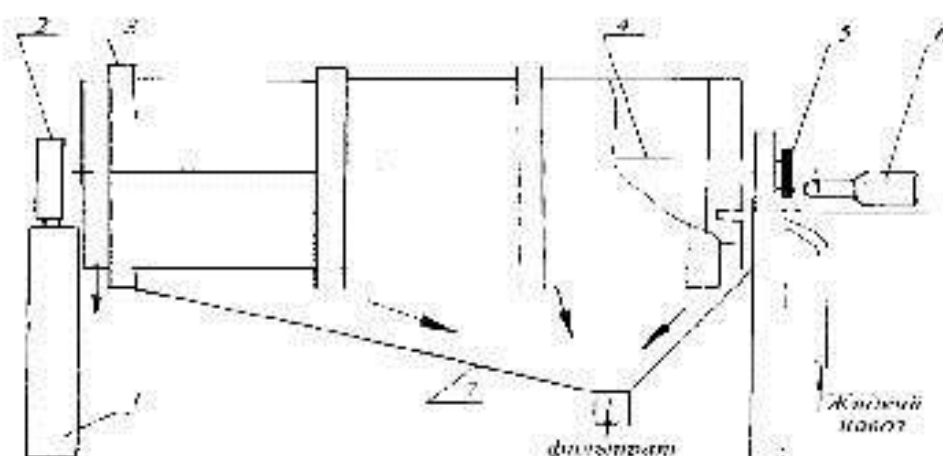
Преимущество дуговых сит перед другими техническими средствами для разделения навоза на фракции состоит в высокой эксплуатационной надёжности, простоте устройства. Кроме того, практически не требуется электроэнергии для осуществления процесса разделения. К недостаткам сит относятся низкий эффект разделения, высокая влажность твёрдой фракции, необходимость ежесменной промывки и периодической очистки фильтровальной поверхности.



1 – входной патрубок; 2 – приемная камера; 3 – переливной гребень; 4 – фильтрующая перегородка; 5 – корпус; 6 – отражатель; 7 – патрубок отвода фильтрата; 8 – шнековый транспортер; 9 – дожимное устройство

Рисунок 1.3 – Схема дугового сита

Низкооборотные барабанные сепараторы СНБ-100 применяют на комплексах по выращиванию и откорму 54 и 108 тысяч свиней в год для предварительного разделения навоза на фракции. Схема барабанного сепаратора представлена на рисунке 1.4.



1 – опоры; 2 – подшипники; 3 – барабан; 4 – вал; 5 – звездочка; 6 – электропривод; 7 – поддон.

Рисунок 1.4 – Схема низкооборотного барабанного сепаратора

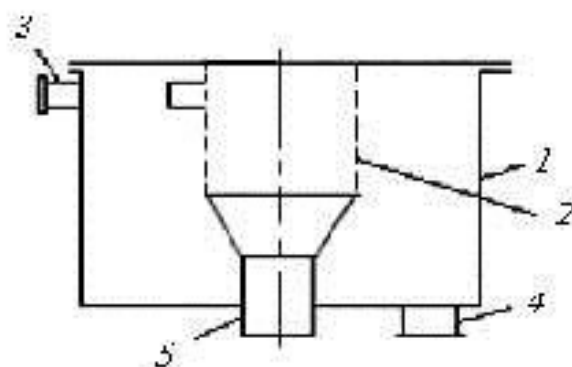
Основным рабочим органом сепаратора является перфорированный барабан 3, установленный под углом 5...6 ° к горизонту и обтянутый сеткой с ячейкой 0,02×0,02 мм. При работе барабанного сепаратора жидкий навоз из

резервуара-усреднителя по трубопроводу поступает во вращающийся барабан. Попадая на внутреннюю его поверхность, жидкий навоз фильтруется. Образовавшаяся при этом твёрдая фракция при вращении барабана перемещается вдоль него и через выходное отверстие попадает в лоток, а затем направляется на обезвоживание. Жидкая фракция проходит через стенку барабана и попадает в поддон, из которого отводится на дальнейшую обработку. Производительность низкооборотного сепаратора $800 \dots 1000 \text{ м}^3/\text{г}$; влажность твёрдой фракции $84 \dots 88\%$; влажность фильтра $98,5 \dots 98,8\%$; частота вращения барабана $-25 \dots 30 \text{ мин}^{-1}$; диаметр барабана $-1,0 \text{ см}$; мощность электропривода $1,5 \text{ кВт}$; масса 800 кг .

При работе инерционного центробежного стустителя, исходная навозная масса попадает через тангенциальный патрубок 3 на внутреннюю поверхность цилиндрического сита 2 со скоростью $10 \dots 30 \text{ м/с}$. Под действием центробежных сил, возникающих в струе жидкого навоза, движущегося по винтовой линии внутри цилиндрического сита 2, происходит отделение жидкой фракции. Жидкая фракция попадает в сборник фильтрата и отводится из него по патрубку 5. Сгущённая фракция, опускаясь по стенке сита 2, отводится по патрубку 5 на дальнейшую обработку [7].

Производительность стустителя до $100 \text{ м}^3/\text{г}$, влажность сгущённой фракции $89 \dots 92\%$, влажность исходных стоков $94 \dots 98\%$. Основные достоинства инерционного центробежного стустителя – это отсутствие движущихся частей, малые габариты, большая производительность, отсутствие какого-либо привода. Недостатки: оборотные сепараторы имеют те же недостатки, что и дуговые сита, но гораздо сложнее последних.

Для предварительного обезвоживания жидкого свиного навоза предназначен инерционный стуститель. Инерционный центробежный стуститель, схема которого представлена на рисунке 1.5, включает вертикальный цилиндрический корпус, в котором расположено цилиндрическое фильтрующее сито с размером отверстий $0,1 \dots 0,5 \text{ мм}$.



1 – корпус; 2 – фильтрующее цилиндрическое сито; 3 – входной тангенциальный патрубок; 4,5 – выходные патрубки для жидкой и сгущенной фракции

Рисунок 1.5 – Схема инерционного центробежного сгустителя навоза

Шнековые фильтр – прессы предназначены для дополнительного обезвоживания осадка после фильтрующих машин влажностью 84...92% до влажности не более 75%. Принцип работы подобных машин основан на сжатии навозной массы прессующим шнеком в объеме, ограниченном перфорированным цилиндром.

Фильтр-пресс ПЖН-68 включает два прессующих шнека, фильтрующий барабан, механизм для создания противодействия в камере давления (конуса), загрузочный бункер, поддон, электропривод.

Исходная масса подается в приемный бункер. По мере поступления навоз за 5...10 мин накапливается в пространстве между шнеками и конусами. После этого отводятся конусы, и продолжается процесс обезвоживания, поступающего из бункера, навоза. Затем, частично обезвоженный навоз поступает в камеру давления, где достигается обезвоживание до необходимой влажности. Жидкая фракция через отверстия фильтровальной камеры отводится в поддон и дальше поступает на обработку. Степень отжатия навоза обуславливается величиной кольцевого зазора между конусами и камерой давления. Величина этого зазора, следовательно, и влажность выходящей из установки твердой фракции навоза, регулируется конусами.

Производительность пресса ПЖН-68 6...10 т/г, мощность электропривода 11 кВт. К преимуществам фильтр-прессов относятся высокая

степень обезвоживания исходного продукта, компактность, непрерывность процесса, относительно высокая производительность. Основные недостатки: высокая стоимость, необходимость предварительного обезвоживания продукта, высокая энергоёмкость процесса, низкая надёжность в работе [8].

1.5 Обзор и анализ технических решений

В двухстадийной технологии разделения навоза на фракции на некоторых комплексах при стадии используется инерционный стуститель навоза. Основные достоинства стустителя - это отсутствие движущихся частей, малые габариты, большая производительность и отсутствие какого-либо привода. Наряду с этим стуститель имеет существенные недостатки: низкая эффективность обезвоживания и скапливания твердой фракции в нижней части стустителя.

С целью выбора лучшей конструкции проведем анализ технических решений наиболее близких по конструктивному решению устройству для разделения навоза на фракции.

Рассмотрим патент СССР а.с. №969324 В 04 с 9/00 – Гидроциклон для сгущения жидкого навоза (рисунок 1.6).

Цель изобретения – повышение эффективности работы гидроциклона за счет обеспечения качественной фильтрующего элемента. Поставленная цель достигается тем, что в гидроциклоне для сгущения жидкого навоза, содержащим корпус, расположенный в нем фильтрующий спиральный элемент, образующий с отражательной стенкой канала подачи исходного потока и тангенциальный патрубок, фильтрующий элемент выполнен из стержней трапециевидного сечения, установленных вертикально и обращенных к исходному потоку большим основанием, при этом фильтрующий элемент прикреплен на входе в корпус к вогнутой стороне отражающей стенки, а канал подачи исходного потока между фильтрующим элементом и выпуклой стороной отражающей стенки выполнен сечением, уменьшающим пропорционально расходу исходного потока.

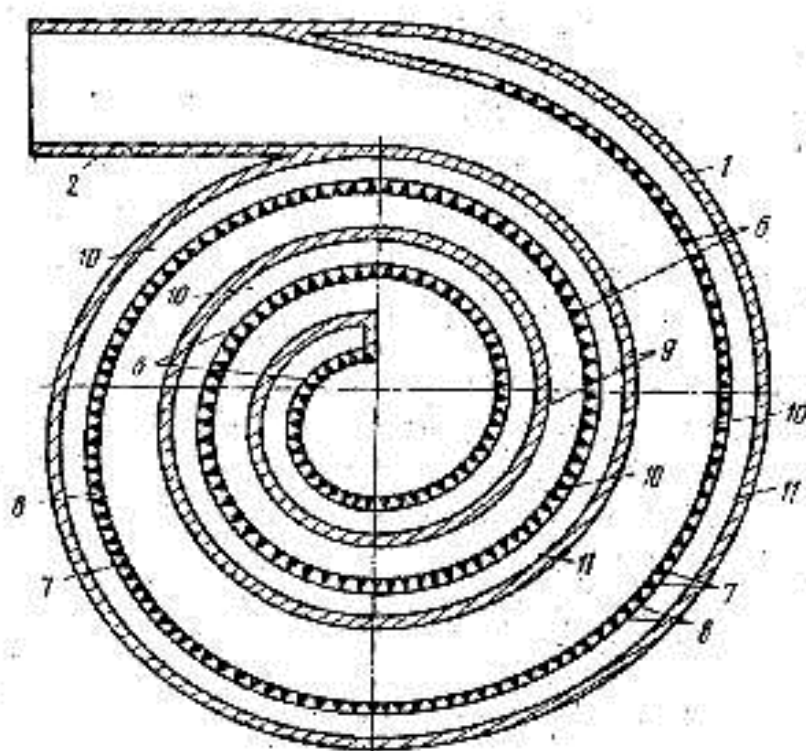


Рисунок 1.6 – Гидроциклон для сгущения жидкого навоза патент №969324

Следующим изобретением является патент №1247098 – Инерционный сгуститель (рисунок 1.7). Целью изобретения является расширение диапазона устойчивой работы при постоянной влажности сгущенного продукта. Инерционный сгуститель, отличающийся тем, что корпус снабжен спиральным бортом и подвижной втулкой с упругой криволинейной пластиной на верхнем конце, прилегающей внешней кромкой к внутренней поверхности фильтрующего элемента, при этом спиральный фильтрующий элемент расположен между витками спирального борта и выполнен в виде конической винтовой спирали с уменьшающимся к патрубку сгущенного продукта радиусом кривизны, а втулка установлена в патрубке сгущенного продукта с возможностью поворота.

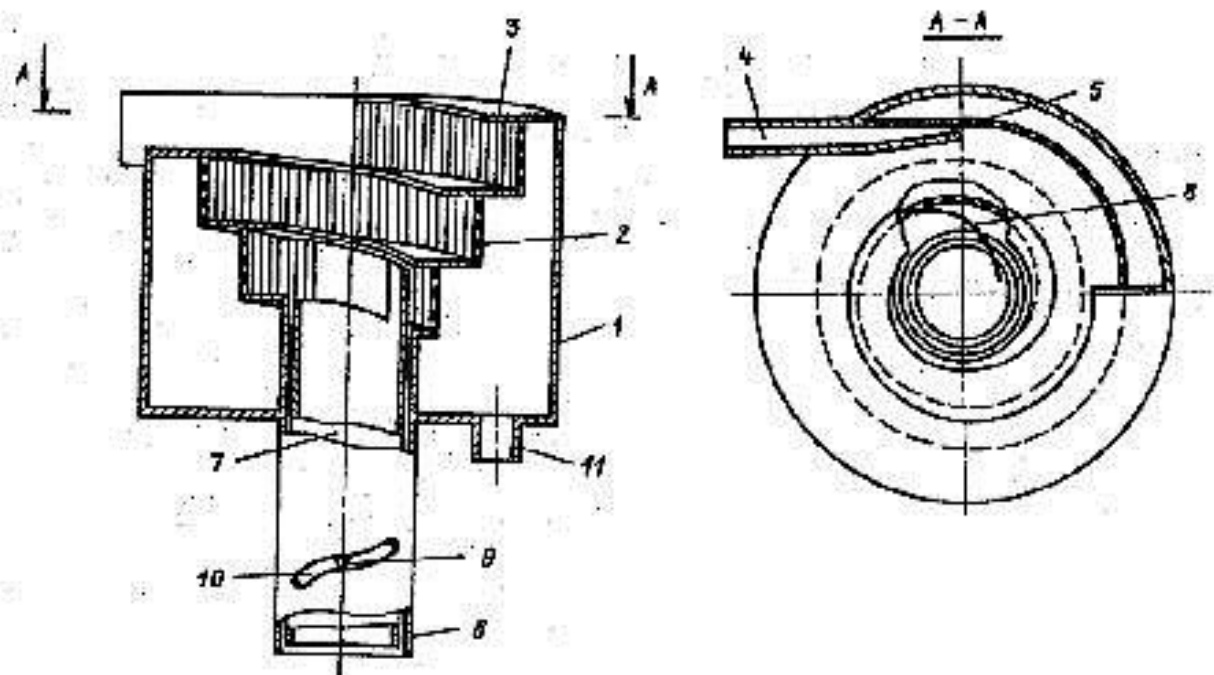


Рисунок 1.7 – Инерционный сгуститель патент №1247098

Рассмотрим следующее изобретение, патент №1125017 – Инерционный сгуститель (рисунок 1.8). Цель изобретения – поддержание стабильной влажности сгущенной фракции суспензии. Поставленная цель достигается тем, что сгуститель снабжен штоком, установленным в крышке с возможностью осевого перемещения и соединенным с нижним концом винтовой вставки, выполненной из упругого материала, при этом первый виток вставки равен высоте входного патрубка и неподвижно закреплен на нем.

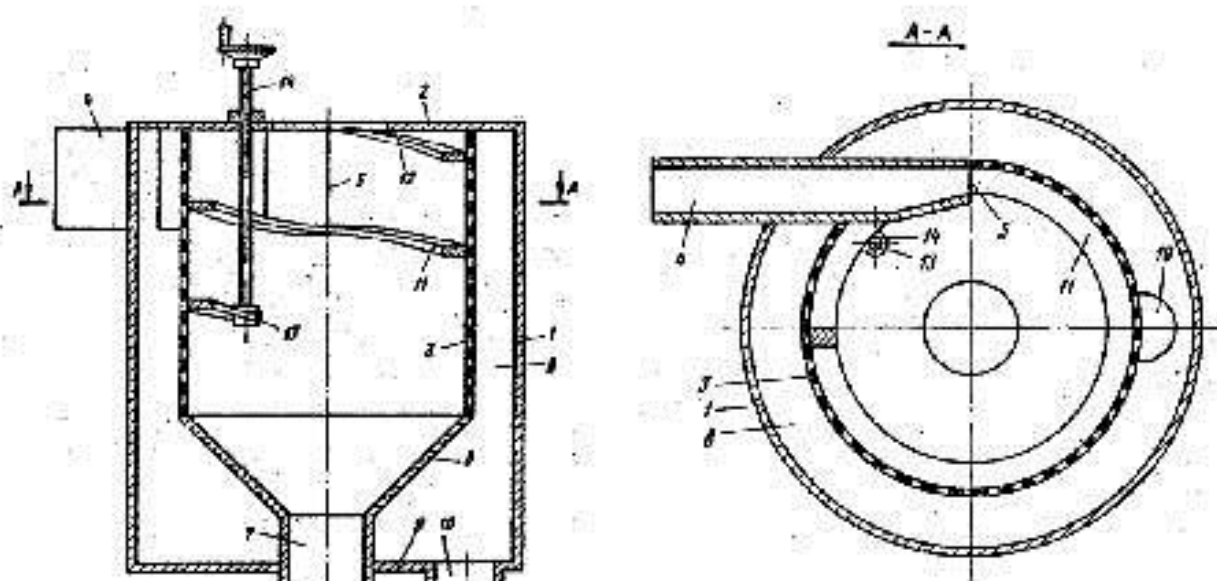


Рисунок 1.8 – Инерционный сгуститель патент №1125017

Следующим изобретением является патент РФ №2042386 – Инерционный стуститель (рисунок 1.9). Техническая задача изобретения состоит в повышении эффективности разделения. Инерционный стуститель, отличающийся тем, что винтовая лопасть установлена с возможностью вращения, выполнена с заостренной кромкой и верхней частью прикреплена к полуму валу, пропущенному через крышку корпуса по центральной оси, полый вал размещен в цилиндрической обойме, неподвижно установленной на крышке корпуса, и прикреплен к обойме посредством подшипников, а тяга пропущена через полый вал, причем её регулировочная гайка опирается на верхний торец полого вала.

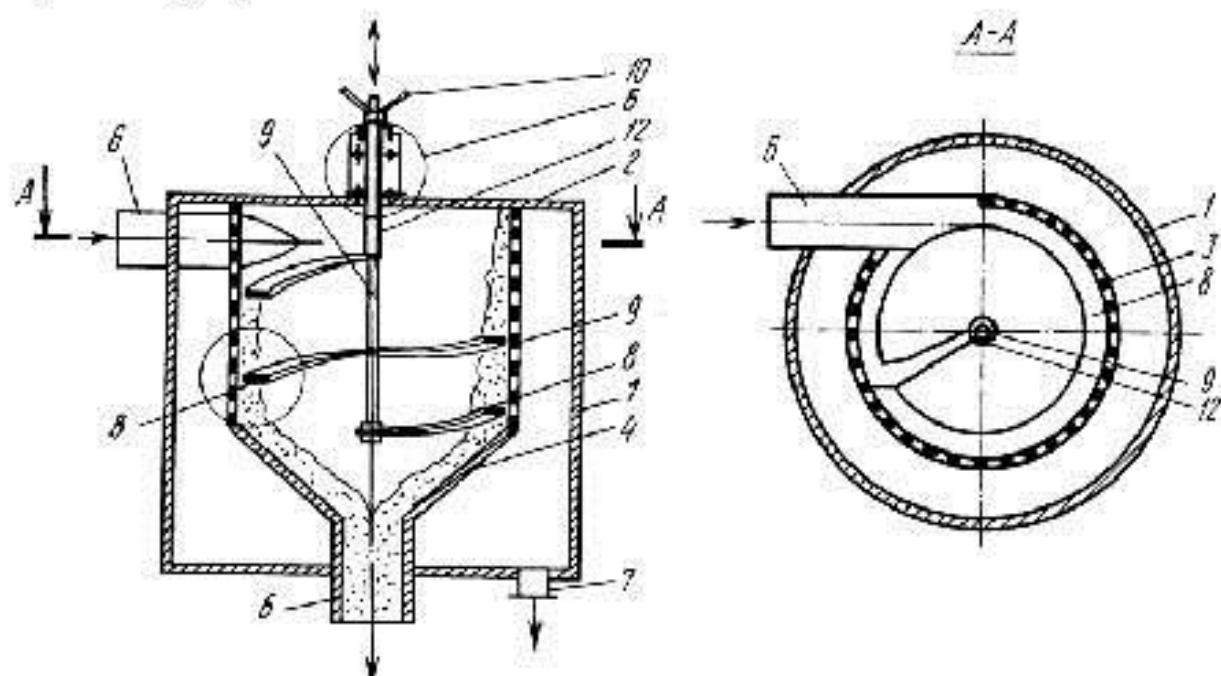


Рисунок 1.9 – Инерционный стуститель патент №2042386

Инерционный стуститель работает следующим образом. Исходная суспензия подается через патрубок 6 на внутреннюю поверхность стенки 3. При движении суспензии по винтовой нисходящей линии на внутренней поверхности стенки 3 под действием центробежных сил происходит отделение жидкой фракции от стущенной. Жидкая фракция проходит через перфорацию стенки 3 и сливается вниз, откуда через патрубок 7 удаляется из корпуса 1. Под действием трения с вращающейся суспензией винтовая лопасть 8 также приобретает вращательное движение и своими заостренными кромками 11

очищает перфорацию стенки 3 от застрявших частиц. Установка винтовой лопасти 8 с возможностью вращения, снабжение лопасти 8 заостренной кромкой 11 позволяют обеспечить одновременно с разделением суспензии на стуженную и жидкую фракции очистку перфорации фильтрующего элемента от застрявших частиц в отверстиях этой перфорации. Крепление винтовой лопасти 8 верхней частью к полому валу 12, пропускание этого вала через крышку 2 корпуса 1 по центральной оси, размещение указанного вала в цилиндрической обойме 13, установка обоймы 13 неподвижно на крышке 2 корпуса 1, крепление вала 12 к указанной обойме 13 посредством подшипников 14, а также пропускание тяги 9 через полый вал 12 и опирание ее регулировочной гайки 10 на верхний торец полого вала 12 позволяет за счет трения с вращающейся по нисходящей спирали суспензией осуществлять беспрепятственное вращение винтовой лопасти 8 и одновременно регулировать шаг этой лопасти. Беспрепятственному вращению винтовой лопасти 8 способствует то, что ее верхняя часть прикреплена к полому валу 12, который вращается в обойме 13 посредством подшипников 14. Это обеспечивает жесткое центрирование винтовой лопасти 8 в стенке 3, что предотвращает перекося по отношению к стенке 3 и возможность заклинивания. Установка узла вращения винтовой лопасти 8 над крышкой 2 корпуса 1 предотвращает контакт трущихся пар непосредственно с суспензией, что повышает надежность работы трущейся пары. Пропускание тяги 9 через полость вала 12 обеспечивает регулировку шага винтовой лопасти 8 в момент работы стустителя, что облегчает настройку его работы на оптимальном режиме и одновременно обеспечивает беспрепятственное вращение винтовой лопасти 8.

Технико-экономическая эффективность предлагаемого стустителя по сравнению с прототипом заключается в повышении качества разделения до 15...20% при одновременном повышении производительности за счет саморегенерации перфорации стенки фильтрующего элемента благодаря вращению винтовой лопасти и контакта ее заостренной кромки с поверхностью неподвижной фильтрующей стенки. Установка узла вращения винтовой

лопасти на подшипниках вне корпуса предотвращает непосредственный контакт этого узла с суспензией и тем самым создает нормальные условия для его работы.

1.6 Цели и задачи проектирования

Исходя из всего вышеперечисленного, необходимо разработать и привести в действие следующий комплекс мер:

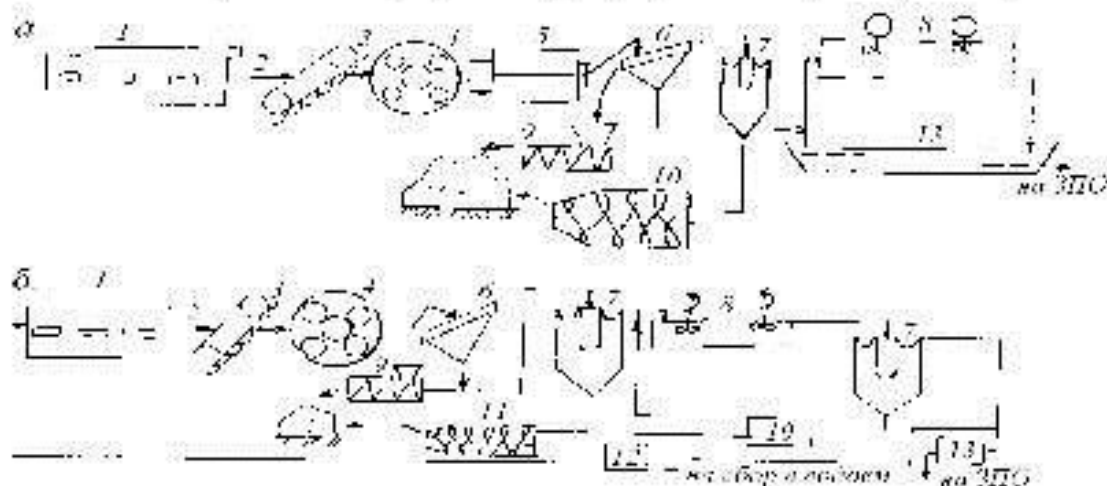
- разработать технологическую линию для переработки навоза путем разработки и внедрения нового технического решения, также определить ее экономические показатели;
- разработать мероприятия по улучшению техники безопасности на производстве, экологической безопасности при осуществлении процесса переработки навоза;
- определить экономическую эффективность предлагаемых мероприятий.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Выбор и обоснование новой технологии удаления и обработки навоза

Линии переработки свиного навоза, используемые в России, представлены на рисунке 2.1.

По технологии, данной на рисунке 2.1, из навоза механическими средствами выделяются грубые включения. Затем его направляют в резервуар-усреднитель, откуда насосами перекачивают в секционные карантинные емкости. Навоз, свободный от возбудителей особо опасных заболеваний, механизмами подается на переработку, осуществляемую в две стадии.



1 – животноводческое помещение; 2 – система удаления и транспортирования навоза; 3 – отделитель механических включений ОМВ-200; 4 – приемный резервуар-усреднитель с насосной станцией; 5 – карантинные хранилища; 6 – фильтрующая машина; 7 – отстойник; 8 – система биологической очистки или стабилизации жидкой фракции; 9 – установка для обезвоживания твердой фракции; 10 – уплотнитель; 11 – установка для обезвоживания осадков ила; 12 – установка для доочистки и обеззараживания воды; 13 – полевое или прифермерское хранилище.

Рисунок 1.2 – Схемы переработки свиного навоза

Первая стадия переработки навоза предусматривает его грубое разделение на твердую и жидкую фракции на машинах фильтрующего типа и тонкое разделение жидкой фракции в отстойниках, что обеспечивает получение осветленной жидкости с содержанием в ней взвешенных веществ не более 2 г/л и осадка (твердой фракции) влажностью не более 92%. Вторая стадия обработки навоза включает в себя обезвоживание полученных на первой стадии

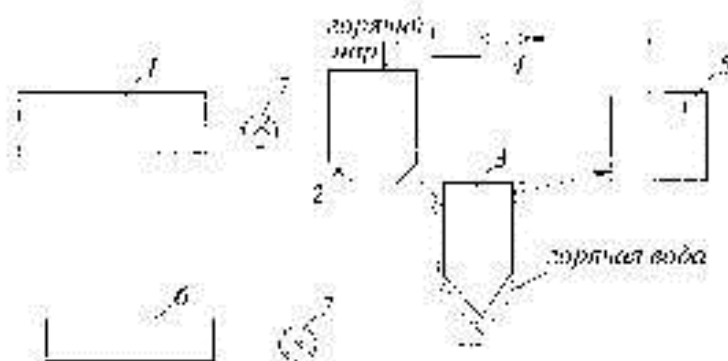
осадков до влажности 70...75% с содержанием взвешенных веществ в жидкой фракции 13...15 г/л, с последующей подачей ее в полевое хранилище, а твердой фракции – на площадку компостирования. [2].

По технологии осуществляется переработка животноводческих стоков с целью их использования для технологических нужд комплексов со сбросом избыточной части очищенных стоков в открытые водоемы. Эта технология применяется в том случае, когда невозможно использовать навоз в качестве удобрения (отсутствие земельных площадей, наличие зон избыточного увлажнения, горных или курортных зон, высокое состояние грунтовых вод или дефицит артезианской воды, используемой на технические нужды). При этой технологии животноводческие стоки поступают через отделитель технических включений в приемный резервуар- усреднитель и далее в цех последующего разделения на твердую и жидкую фракции. Разделение стоков осуществляется на машинах фильтрующего типа, а затем фильтрат дополнительно осветляется в отстойниках. Из отстойника осветленная жидкость направляется на биологическую очистку. Очищенную воду с БПК_п= 150...200 мг/л и концентрацией азота 100...150 мг/л направляют на сельскохозяйственные поля орошения (ЗПО). При отсутствии последних дополнительно следует проводить более глубокую биологическую обработку жидкой фракции в биологических прудах с целью доведения БПК_п до 50 мг/л с последующей доочисткой сильными окислителями или другими способами. Очищенную до существующих норм воду следует использовать в системе технического водоснабжения комплексов. Полученный после отстойников осадок обезвоживают на центрифугах или смешивают с твердой фракцией, образовавшейся после разделения навоза и с уплотненным не менее чем до 96% избыточным активным илом. Иловую воду из уплотнителя следует возвращать на биологическую очистку. Смесь твердых продуктов переработки влажностью не более 93% направляется в полевые накопители или в цех компостирования с влагопоглотителями [3].

Наиболее перспективным способом обработки навоза является метановое сбраживание. В процессе брожения навоза происходит не только выделение метана, но и обеззараживание навоза.

В настоящее время известны различные конструкции биореакторов. Общим для них является наличие перемешивающих устройств и обеспечение постоянной температуры подогрева. Для перемешивания используют механические или гидравлические мешалки. Для подогрева используют змеевики, установленные внутри реактора, водяные рубашки или горячий пар. Для сбора газа используют устройства «газгольдеры». При небольшом давлении газ можно собирать и хранить в биореакторах с колоколообразной перемещающейся верхней частью [4].

Наибольшее распространение биогазовые установки получили в высокоразвитых странах. В России имеется всего несколько комплексов, где используется метановое сбраживание. Общая схема технологической линии метанового сбраживания представлена на рисунке 2.2. Навоз из навозосборника 1 насосом 7 подается в установку 2 предварительного нагрева. Для нагрева используется метан, поступающий из газгольдера 5 в форсунку 4. После этого нагретая масса в биореактор 3, где выдерживается трое суток при температуре 45...55 °С. Выделяющийся биогаз собирается в газгольдере и используется на ферме. Обеззараженная масса отправляется на навозохранилище 6.



1-навозосборник; 2- установка для предварительного нагрева; 3- биореактор; 4-форсунка; 5- газгольдер; 6- навозохранилище; 7- насос.

Рисунок 2.2 - Общая схема технологической линии метанового сбраживания

2.2 Расчёт самотечной гидравлической системы удаления навоза

Расчётная схема к определению параметров самотечного канала представлена на рисунке 2.3.

Расчёт самотечной гидравлической системы удаления навоза проведём для свиарника на 1400 голов свиней.

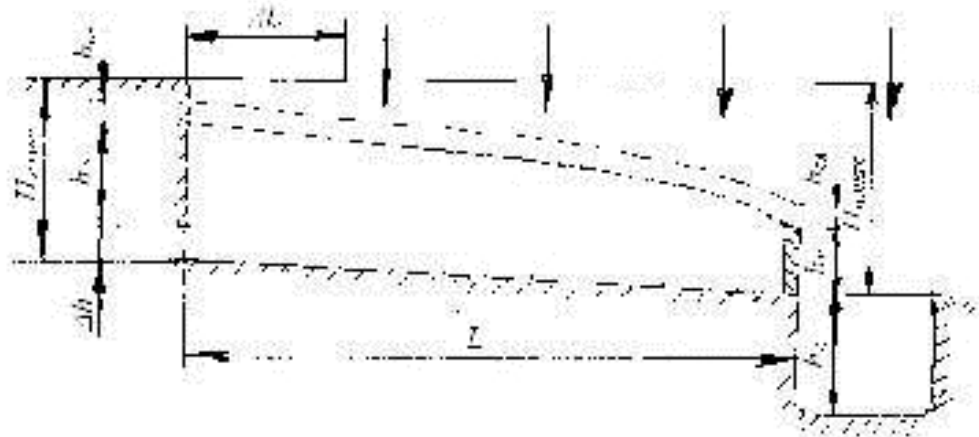


Рисунок 2.3 – Расчётная схема к определению параметров самотечного канала

Определение длины самотечных каналов

В помещениях для содержания животных в групповых станках длина самотечного канала определяется по формуле:

$$L = n_p \cdot f_k + \Delta l_c, \quad (2.1)$$

где n_p – количество животных, размещающихся в групповых станках одного ряда секции;

f_k – фронт кормления на одно животное в групповых станках, м,

Δl_c – длина канала в его начале, перекрываемая сплошной плитой.

$$n_p = 154, \quad f_k = 0,3 \text{ м}$$

$$\Delta l_c = 0,8 \text{ м}$$

$$L = 154 \cdot 0,3 + 0,8 = 47 \text{ м}$$

Определение ширины самотечных каналов

В свиарнике для группового содержания:

$$B_k \geq L_{ж} - (A + D), \quad (2.2)$$

где $L_{ж}$ – длина животного, м,

A – ширина бетонной полосы между кормушкой и каналом, м,

D – 2/3 ширины кормушки, м.

$$L_{\text{ж}} = 0,8 \text{ м}$$

$$A = 0,2 \text{ м} \quad [9].$$

$$D = 0,2 \text{ м}$$

$$B_k = 0,8 - (0,2 + 0,2) = 0,4 \text{ м}.$$

Определение начальной глубины самотечных каналов

$$H_{\text{Н max}} = \Delta h + h_e + h_{\text{сн}} + h_3, \quad (2.3)$$

где $H_{\text{Н max}}$ – начальная глубина самотечных каналов, м,

Δh – превышение высоты порожка над дном канала в начальной его части, м,

h_e – глубина потока, м,

$h_{\text{сн}}$ – толщина слоя навозной массы, накапливающейся в зоне порожка, м,

h_3 – расстояние между максимальным уровнем навозной массы в начале канала и решетчатым полом, м

$$\Delta h = 0,1 \text{ м}, \quad h_{\text{сн}} = 0,1 \text{ м}, \quad h_3 = 0,3 \text{ м},$$

$$h_0 = \sqrt{2\tau \cdot L / \gamma} \quad (2.4)$$

Где τ – напряжение предельное сдвига, Па,

γ – удельный вес навоза, Н/м³.

$$\tau = 50 \text{ Па}$$

$$\gamma = 1030 \text{ кг/м}^3 \quad [9].$$

$$h_0 = \sqrt{2 \cdot 50 \cdot 47 / 1030} = 2,14 \text{ м}$$

$$H_{\text{Н max}} = 0,1 + 0,1 + 0,3 + 2,14 = 2,64 \text{ м}.$$

Определение конечной глубины самотечных каналов

$$H_{\text{к max}} = h_{\text{пор}} + h_e + h_{\text{сн}} + h_3, \quad (2.5)$$

где $h_{\text{пор}}$ – высота порожка, м

$$h_{\text{пор}} = L \cdot i_k + \Delta h, \quad (2.6)$$

где i_k – уклон дна самотечного канала.

$$i_k = 0,005$$

$$h_{\text{пор}} = 47 \cdot 0,005 + 0,1 = 0,33 \text{ м}.$$

$$H_{\text{НННН}} = 0,33 + 2,64 + 0,1 + 0,3 = 3,37 \text{ м}$$

Определение начальной и конечной глубины коллектора

$$H_{\text{НННН}} = H_{\text{НННН}} + 0,4, \quad (2.7)$$

где $H_{\text{НННН}}$ – начальная глубина поперечного коллектора, м.

$$H_{\text{НННН}} = 2,64 + 0,4 = 3,04 \text{ м.}$$

$$H_{\text{НННН}} = H_{\text{НННН}} + L_{\text{К}} \cdot i_{\text{КН}}, \quad (2.8)$$

где $H_{\text{НННН}}$ – конечная глубина поперечного коллектора, м,

$L_{\text{К}}$ – длина коллектора, м;

$i_{\text{КН}}$ – уклон дна коллектора.

$$i_{\text{КН}} = 0,01 \text{ м,} \quad L_{\text{К}} = 25 \text{ м}$$

$$H_{\text{НННН}} = 2,64 + 25 \cdot 0,01 = 2,89 \text{ м.}$$

Определение объёмного расхода навозного канала

$$Q = 3600 \cdot F \cdot g_{\text{ср}} \quad (2.9)$$

где $g_{\text{ср}}$ – средняя скорость навозной массы в канале, $g_{\text{ср}} = 10 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}$;

F – площадь поперечного сечения слоя массы над порожком, м^2 . [9]

$$F = b_{\text{К}} \cdot h_{\text{КН}}, \quad (2.10)$$

где $b_{\text{К}}$ – ширина канала, м.

$$b_{\text{К}} = 0,8 \text{ м.}$$

$$F = 0,8 \cdot 0,1 = 0,08 \text{ м}^2$$

$$Q = 3600 \cdot 0,08 \cdot 10 \cdot 10^{-5} = 0,28 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Определение потребного объёмного расхода каналов, $\text{м}^3/\text{ч}$.

$$Q_n = \frac{M_{\text{с}}}{\rho \cdot \tau} \quad (2.11)$$

где $M_{\text{с}}$ – суточный выход жидкого навоза в помещении, м^3 ;

ρ – плотность навоза, кг/м^3 ;

τ – продолжительность работы линии удаления навоза, ч.

$$M_{\text{с}} = 35156 \text{ кг}$$

$$\rho = 1030 \text{ кг/м}^3; \quad \tau = 24 \text{ ч} \quad [9]$$

$$Q_n = \frac{35156}{1030 \cdot 24} = 1,4 \text{ м}^3 / \text{ч.}$$

2.3 Расчёт выхода навоза и определение количества хранилищ

Определение суточного выхода навоза

$$M_e = \sum_{i=1}^{i=N} (M_x + M_{в1} + M_{вкп} + M_{к1}) \cdot n_i / 1000, \quad (2.12)$$

где M_x –суточный выход экскрементов от одного животного, кг;

$M_{в1}$ –количество воды, поступающее в систему навозоудаления в сутки в расчёте на одну голову, кг;

$M_{вкп}$ –суточное количество механических включений, поступающих в систему, кг;

$M_{к1}$ – суточное количество кормов, поступающих в систему навозоудаления, кг;

n_i –количество животных, находящихся в одной производственной группе.

Для расчётов принимаем:

$M_x = 7,5$ кг -для свиней до 4-х мес.;

$M_{в2} = 14$ кг –для свиней свыше 4-х мес.

$M_{в1} = 0,7 M_x$

$M_{вкп} = 0,002 \dots 0,01 M_{э1}$;

$M_{к1} = 0,1 M_x$

$M_e = (7,5 + 0,7 \cdot 7,5 + 0,005 \cdot 7,5 + 0,1 \cdot 7,5) \cdot 10288 / 1000 + (14 + 0,7 \cdot 14 + 0,008 \cdot 14 + 0,1 \cdot 14) \cdot 1839 / 100 + (14 + 0,7 \cdot 14 + 0,008 \cdot 14 + 0,1 \cdot 14) \cdot 8453 / 1000 = 399,7 \text{ т}$

Определение годового выхода навоза

$$M_T = M_e \cdot P_T \quad (2.13)$$

где P_T – число дней в году, $P_T = 365$ дней.

$M_T = 399,7 \cdot 365 = 145890,5 \text{ т.}$

Определение суточного объёма навоза

$$V_e = M_e / \rho_n \quad (2.14)$$

где ρ_n – плотность навоза, кг/м³

$$\rho_n = 1030 \text{ кг/м}^3 \\ V_c = 399700 / 1030 = 388 \text{ м}^3$$

Определение годового объёма навоза

$$V_r = V_c \cdot P_r \quad (2.15)$$

где P_r – число дней в году.

$$V_r = 388 \cdot 365 = 141620 \text{ м}^3$$

Определение ёмкости навозоприёмников

На комплексе имеется три навозоприёмника. В первый навозоприёмник навоз поступает из шести свиарников на 2000 голов, во второй и третьей из трёх свиарников по 1400 голов.

$$V_{np} = V_{\alpha} \cdot t_p \cdot D_n \quad (2.16)$$

где $V_{\alpha 1}$ – суточный объём навоза из данных помещений, м³

t_p – коэффициент, учитывающий время ремонта насоса в случае выхода его из строя, ч;

D_n – продолжительность накопления навоза в навозоприёмнике, сут;

$$t_p = 1,1 \text{ ч} \quad [9]; \quad D_n = 3 \text{ сут}$$

$$V_{np1} = 180,3 \cdot 1,1 \cdot 3 = 595,3 \text{ м}^3$$

$$V_{np2} = V_{np3} = 106,9 \cdot 1,1 \cdot 3 = 352,9 \text{ м}^3$$

Определение выхода жидкой фракции после разделения

$$Ж = M_c \cdot \frac{C_o - C_n}{C_o - C_{ж}}, \quad (2.17)$$

где C_n , C_o и $C_{ж}$ – относительное содержание сухого вещества соответственно в навозе, твёрдой и жидкой фракциях, %

$C_n = 7\%$, т.к. влажность навоза 93%,

$C_o = 15\%$ - по технической характеристике оборудования,

$$C_{ж} = (1 - 0,0073 I) C_n, \quad (2.18)$$

где I – эффект осветления суспензии.

$I=40\%$ -принято из технической характеристики оборудования.

$$C_{ж} = (1 - 0,0073 \cdot 40) \cdot 7 = 5\%$$

$$Ж = 399,7 \cdot \frac{15 - 7}{15 - 5} = 319,8 \text{ т}$$

Определение выхода твёрдой фракции.

$$Q = M_c \cdot \frac{C_H - C_{ж}}{C_o - C_{ж}} \quad (2.19)$$

$$Q = 399,7 \cdot \frac{7 - 5}{15 - 5} = 79,9 \text{ т}$$

Определение массы твёрдой фракции, полученной на пресс -фильтре

$$Q_j = 10^{-4} \cdot U_j \cdot I_j \cdot \frac{(C_{\varphi} - C_d) \cdot (100 - C_d)}{C_{\varphi} - C_d}, \quad (2.20)$$

где U_j – масса исходного навоза, поступающего на установку, $U_j=79,9\text{т}$;

I_j – эффект осветления суспензии на пресс -фильтре ПЖН, $I_j=75\%$ -по технической характеристике пресс-фильтра;

C_{φ} – относительное содержание сухого вещества в исходной массе, поступающей на обработку, $C_{\varphi}=15\%$;

C_{φ} – относительное содержание сухого вещества в осадке, полученном после прохождения данной установки, $C_{\varphi}=32\%$;

C_d – относительное содержание сухого вещества в дисперсионной среде, $C_d=0,27C_H \%$.

где C_H – относительное содержание сухого вещества в навозе, поступающего на первую ступень разделения, % [9].

$$C_d = 0,27 \cdot 7 = 1,9\%$$

$$Q_j = 10^{-4} \cdot 79,9 \cdot 75 \cdot \frac{(15 - 1,9) \cdot (100 - 1,9)}{32 - 1,9} = 24,8 \text{ т}$$

Определение массы жидкой фракции

$$Ж_j = U_j - Q_j \quad (2.21)$$

$$Ж_j = 79,9 - 24,8 = 55,1\text{т}.$$

Определение относительного содержания сухого вещества в жидкой фракции

$$C_{\text{ж}} = \frac{U_j \cdot C_{\text{ж}} - Q_j \cdot C_{\text{ж}}}{Ж_j} \quad (2.22)$$

$$C_{\text{ж}} = \frac{79,9 \cdot 15 - 24,8 \cdot 32}{55,1} = 7,3\%$$

Определение площади карантинной площади для твёрдой фракции

$$F_k = \frac{Q_j \cdot D_k}{\rho_H \cdot H} \quad (2.23)$$

где D_k – продолжительность хранения навоза, $D_k=20$ суток;

H – высота укладки навоза, $H=2\text{м}$;

K – коэффициент, учитывающий площадь между штабелями, $K=1,3$ – при расстоянии между штабелями – 2м [10].

$$F_k = \frac{24800 \cdot 20}{890 \cdot 2} \cdot 1,3 = 362,2 \text{ м}^2$$

Определение площади навозохранилища для твёрдой фракции

Площадь навозохранилища для твердой фракции определяем по формуле
(2.23)

$$F_k = \frac{24800 \cdot 120}{890 \cdot 2} \cdot 1,3 = 1672 \text{ м}^2$$

Определение ёмкости карантинного резервуара

$$V_k = V_c \cdot T_k \cdot n, \quad (2.24)$$

где V_c –суточный объём навоза, м^3 ;

T_k –продолжительность загрузки одной секции, сут;

n –число секций хранилища.

$T_k=3\text{сутки}$ $n=5$

$$V_k=388 \cdot 3 \cdot 5=5820 \text{ м}^3.$$

2.4 Выбор и расчет навозохранилищ для жидкой фракции

В целях сохранения жидкой фракции как ценного органического удобрения проектом предусмотрено применение пленочных лагун. Которые

обладают рядом преимуществ в сравнении с накопителями из бетона или металла. Основными из которых являются: 1. Только пленочные лагуны могут обеспечить 100% противofильтрационный барьер (в связи с пористой структурой бетонные навозонакопители сильно уступают), 2. Стоимость пленочных лагун почти в 3 раза ниже аналоговых из бетона или металла, 3. Высокая скорость монтажа и возможность проводить работы и в холодное время года; 4. Ремонтоспособность; 5. Длительный срок службы обеспечивает инертность данной пленки к агрессивной среде навоза; 6. Нет ограничений по размерам [11].

Схема пленочной лагуны представлена на рисунке 2.4 общий вид на рисунке 2.5.

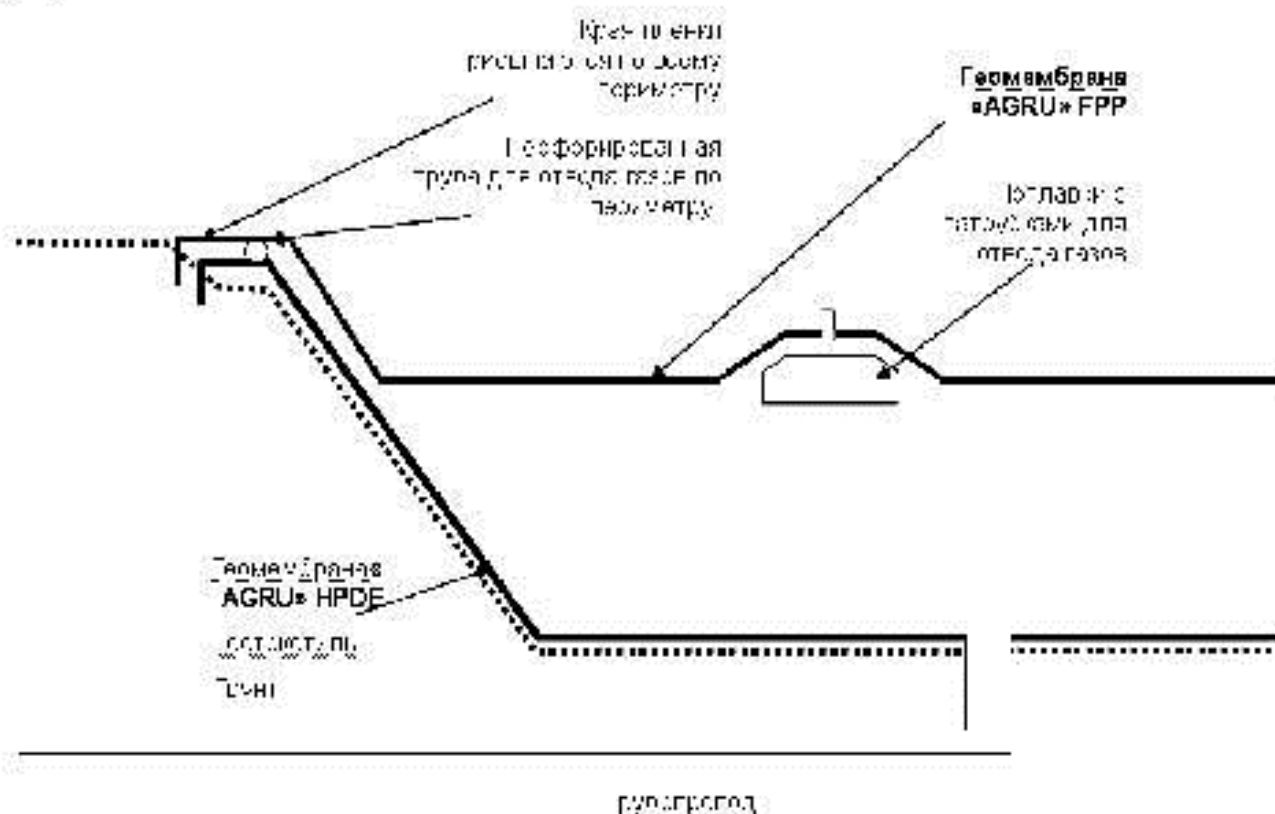


Рисунок 2.4 – Схема пленочной лагуны



Рисунок 2.5 – Пленочная лагуна

Ёмкость пленочной лагуны определим исходя из выражения:

$$V_{\text{ф}} = V_c \cdot D_z \cdot K_y, \quad (2.25)$$

где D_z – продолжительность накопления навоза, сут;

K_y – коэффициент, учитывающий уменьшение объема навоза при хранении за счёт испарений и отвода навозной жижи.

$$K_y = 0,82 \quad D_z = 60 \text{ суток [9]}$$

$$V_{\text{ф}} = 388 \cdot 60 \cdot 0,82 = 19100 \text{ м}^3.$$

Принимаем пленочную лагуну с объемом 20000 м^3 .

Определение количества хранилищ

$$n_{\text{ф}} = \frac{V_c \cdot D_{\text{хр}}}{V_{\text{хр}}} \quad (2.26)$$

где $D_{\text{хр}}$ – продолжительность хранения навоза, $D_{\text{хр}} = 180$ сут;

$V_{\text{хр}}$ – ёмкость типового хранилища, $V_{\text{хр}} = 20000 \text{ м}^3$.

$$n_{\text{ф}} = \frac{388 \cdot 180}{20000} = 3,5$$

Принимаем 4 пленочной лагуны для жидкой фракции.

2.5 Гидравлический расчёт напорных навозопроводов и выбор насосов

Расчёт навозопроводов и выбор насосов для перекачивания навоза из навозоприёмников в цех разделения на фракции

Насос для перекачивания навоза из навозоприёмников в цех разделения на фракции должен обеспечивать производительность $200 \text{ м}^3/\text{г}$.

Определим диаметр навозопровода

$$d = \sqrt{4Q/\pi g}, \quad (2.27)$$

где Q – секундный расход, $\text{м}^3/\text{с}$;

g – скорость движения стоков, $\text{м}/\text{с}$. [12]

$$d = \sqrt{4 \cdot 0.055 / 3.14 \cdot 1.2} = 0.242 \text{ м}$$

Принимаем диаметр навозопровода 250 мм и вычисляем действительную скорость

$$g = 4Q/\pi d^2 \quad (2.28)$$

$$g = 4 \cdot 0.055 / 3.14 \cdot 0.25^2 = 1.12 \text{ м}/\text{с}.$$

Определим число Рейнольдса

$$Re = g d \cdot \rho / \eta, \quad (2.29)$$

где ρ – плотность навоза, $\text{кг}/\text{м}^3$;

η – динамическая вязкость, $\text{Па} \cdot \text{с}$ [12]

$$Re = 1.12 \cdot 0.25 \cdot 1030 / 0.15 = 1923$$

Определим необходимый напор насоса

$$H_k = h_d + h_m + h_t + h_{св}, \quad (2.30)$$

где h_d – потери напора по длине навозопровода, м;

h_m – местные потери напора, м;

h_t – геометрическая разность отметок всасывания и подачи, м;

$h_{св}$ – свободный напор стоков, м

$$h_{\text{г}} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{g^2}{2g}, \quad (2.31)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения,

l – длина трубопровода, м,

g – ускорение свободного падения, м/с^2

$$\text{При } Re > 1500 \quad \lambda = 0,3164 / Re^{0,25} \quad (2.32)$$

$$\lambda = 0,3164 / 1923^{0,25} = 0,05$$

$l = 200$ м – согласно генплану.

$$h_{\text{д}} = 0,05 \cdot \frac{200}{0,25} \cdot \frac{1,12^2}{2 \cdot 9,8} = 2,5 \text{ м}$$

$$h_{\text{ж}} = 0,12 h_{\text{д}} \quad [12]$$

$$h_{\text{ж}} = 0,12 \cdot 2,5 = 0,3 \text{ м}$$

$$h_{\text{т}} = 5 \text{ м}$$

$$h_{\text{с.г}} = 2 \text{ м}$$

$$H_{\text{к}} = 2,5 + 0,3 + 5 + 2 = 9,8 \text{ м.}$$

По величине напора и заданной производительностью выбираем фекальный насос ФГ-144/10 с производительностью $200 \text{ м}^3/\text{ч}$ и максимальным напором 0,13 МПа.

Расчёт навозопроводов и выбор насосов для перекачки жидкой фракции из цеха для разделения на фракции в карантинный резервуар и навозохранилища

Данные насосы должны обеспечивать производительность $200 \text{ м}^3/\text{г}$.

Определим диаметр навозопроводов по формуле 2.27

$$\text{Принимаем } g = 1,2 \text{ м/с} \quad [13]$$

$$d = \sqrt{4 \cdot 0,055 / 3,14 \cdot 1,2} = 0,242 \text{ м}$$

Принимаем диаметр навозопровода 250 мм и вычисляем действительную скорость по формуле 2.28

$$g = 4 \cdot 0,055 / 3,14 \cdot 0,25^2 = 1,12 \text{ м/с}$$

Определим число Рейнольдса по формуле 2.29

Принимаем $\eta=0,016 \text{ Па}\cdot\text{с}$

$$R_e = 1,12 \cdot 0,25 \cdot 1030 / 0,016 = 18025$$

Определим необходимый напор насоса по формуле 2.30

$$\lambda = 0,3164 / 18025^{0,25} = 0,03$$

$$l=100 \text{ м}$$

$$h_d=0,03 \cdot \frac{100}{0,25} \cdot \frac{1,12^2}{2 \cdot 9,8} = 0,8 \text{ м}$$

$$h_{\text{ж}}=0,12h_d \quad [13]$$

$$h_{\text{ж}}=0,12 \cdot 0,8=0,1 \text{ м}$$

$$h_r=5 \text{ м}; h_{\text{сх}}=2 \text{ м} \quad [7]$$

$$H_{\text{н}} = 0,8+0,01+5+2=7,81 \text{ м.}$$

Для перекачивания жидкой фракции из карантинного резервуара в лагуну по производительности и напору выбираем насос НЖН-200.

3 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

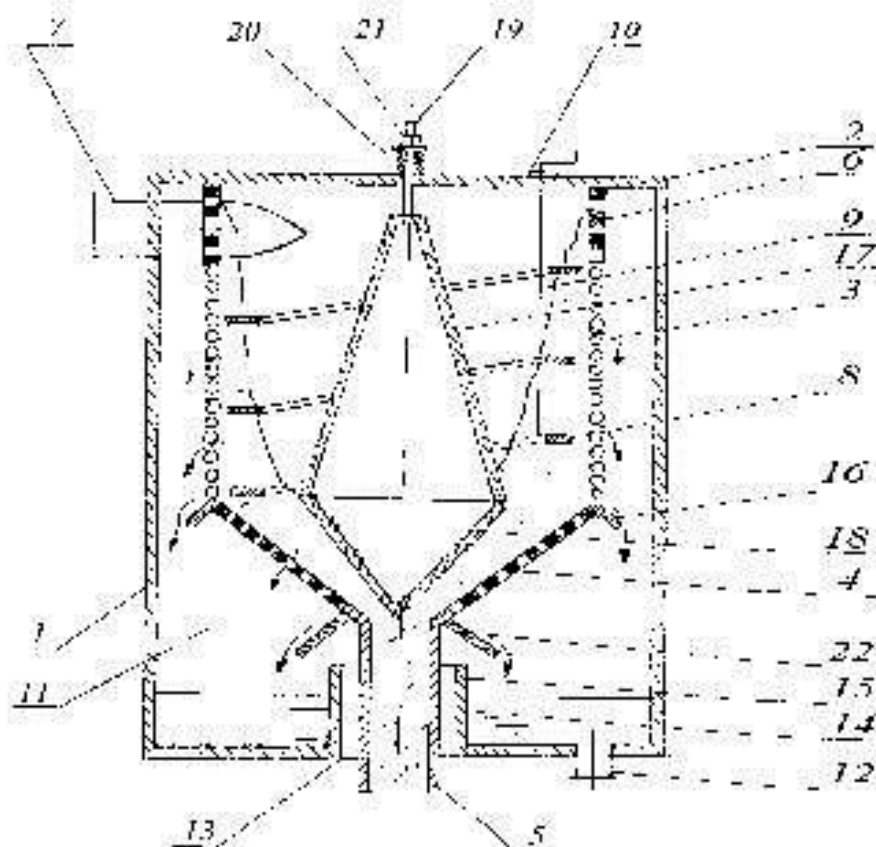
3.1 Предлагаемая конструкция инерционного сгустителя

На основании анализа, выявлена конструкция инерционного сгустителя, позволяющая повысить эффективность обезвоживания жидкого навоза на 10...15%. Технологическая схема сгустителя представлена на рисунке 3.1

Инерционный сгуститель содержит цилиндрический корпус 1 с крышкой 2, установленный внутри корпуса цилиндрический фильтрующий элемент в виде витой цилиндрической пружины 3 с конической обечайкой 4 и выходным патрубком 5 для сгущенной фракции.

Верхняя часть фильтрующего элемента 3 выполнена в виде перфорированной стенки 6, к которой прикреплен тангенциальный входной патрубок 7. Внутри пружины 3 размещена винтовая вставка 8, верхняя часть которой прикреплена к стенке 6, а нижняя снабжена тягой 9 с винтом 10 для регулировки шага вставки 8. На наружной части пружины 3 размещена полость 11 для сбора жидкой фракции с патрубком 12. Выходной патрубок 5 сгущенной фракции пропущен через отверстие 13 дна корпуса 1. Отверстие 13 снабжено цилиндрической стенкой 14, размещенной внутри корпуса 1. Патрубок установлен с возможностью осевого и радиального перемещения, для чего между патрубком 5 и стенкой 14 имеется зазор 15. Наружная верхняя поверхность конической обечайки 4 снабжена козырьком 16 для слива жидкой фракции. Внутри фильтрующего элемента в его центральной части установлен сердечник в виде двух конусов 17 и 18, соединенных между собой основаниями. Вершина верхнего конуса 17 укреплена через тягу 19 к пружине 20 установлена на верхней крышке корпуса и снабжена регулировочной гайкой 21 на тяге 19. Вершина нижнего

конуса 18 размещена в нижней обечайке 4, фильтрующего элемента с возможностью осевого и радиального перемещения. Обечайка 4 выполнена перфорированной и снабжена в нижней части козырьком 22 для слива жидкой фракции.



1-корпус; 2-крышка; 3-пружина; 4-коническая обечайка; 5-выходной патрубок; 6-перфорированная стенка; 7-входной патрубок; 8-винтовая вставка; 9-тяги; 10-винт; 11-полость для сбора жидкой фракции; 12- патрубок жидкой фракции; 13-отверстие; 14-стенка; 15-зазор; 16-вызрек; 17-верхний конус; 18-нижний конус; 19-тяги; 20-пружина; 21-гайка.

Рисунок 3.1 - Инерционный сгуститель

Инерционный стуститель работает следующим образом. Исходная суспензия подается через патрубок 7 на внутреннюю поверхность стенки 6 и пружины 3. При движении суспензии по винтовой линии на внутренней поверхности стенки 6 пружины 3 под действием центробежных сил происходит отделение жидкой фракции от стущенной. Жидкая фракция проходит через перфорацию стенки 6 и щелевые зазоры между витками пружины 3, сливается вниз и далее козырьком 16 направляется на днище корпуса 1, откуда удаляется через патрубок 12. Ввиду того, что на стенку пружины 3 воздействует

турбулентный поток суспензия, пружина 3 испытывает колебательные движения в вертикальном направлении, а её нижняя часть раскачивается. В результате этого зазоры между витками увеличивается и уменьшается, что приводит к выдавливанию из зазоров частиц осадка, застрявших между витками. Одновременно при раскачке в радиальном направлении патрубок 5 соударяется с цилиндрической стенкой 14, что приводит к встряске пружины 3 и её вторичному колебанию, а это обеспечивает эффективную очистку зазоров между витками. Находящийся в центральной части пружины 3 сердечник в виде двух конусов 17 и 18 предотвращает скапливание исходной суспензии в центральной части, накапливает исходную суспензию к пружине 3 и конической обечайке 4. Жидкая фракция отжимается и через перфорацию обечайку 4 и козырек 22 сливается в нижнюю часть корпуса.

При работе сгустителя, конусы 17 и 18 также перерабатывают колебательное движение в радиальном и осевое направление, что приводит к повышению усилий сжатия суспензии на пружину 3 и обечайку 4. Установка сердечника в центральной части пружины 3 в виде двух конусов 17 и 18 позволяет формировать исходную суспензию близко от пружины 3 и обечайки 4, что облегчает отделение жидкой фракции.

3.2 Расчёт производительности инерционного сгустителя

Суспензия, протекая через сгуститель, неправильно теряет влагу. Принято считать, что в цилиндрических стаканах сгустителей скорость процесса обезвоживания прямо пропорциональна силе прижатия массы к стакану и количеству оставшейся в ней влаги

$$\frac{dV}{dt} = K \cdot (V_0 - V), \quad (3.1)$$

где V_0 – объём жидкости в единичном объёме поступающей суспензии, м^3 ;

V – объём жидкости, вытекающей из единичного объёма, м^3 .

Разность объёмов $V_0 - V$ можно вычислить с точностью до слагаемых более высокого порядка точности, как произведение [14]:

$$V_0 - V = S \cdot h_{\text{жж}}, \quad (3.2)$$

где S -площадь поверхности, описываемой единичным объёмом осадка при его движении по внутренней поверхности стакана, м^2 ,

$h_{\text{ос}}$ –средняя толщина слоя осадка на перфорированной поверхности по завершению процесса, м

Согласно закону ламинарной фильтрации [14]:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P \cdot S}{\mu R} \quad (3.3)$$

где ΔP -перепад давления, Па ,

R -сопротивление фильтрованной среды, м^{-1} ,

μ -динамическая вязкость фильтрата, $\text{Па} \cdot \text{с}$.

Выражая S из соотношения (3.2) и подставляя в (3.3), будем иметь

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P (V_0 - V)}{\mu \cdot R \cdot h_{\text{ос}}} \quad (3.4)$$

Для центробежного фильтрования перепад давления обусловлен силой, имеющей две составляющие

$$F = F_{\text{ц}} + F_{\text{т}}, \quad (3.5)$$

где $F_{\text{ц}}$ –центробежная сила, Н ,

$F_{\text{т}}$ –сила тяжести, Н .

Схема центробежного фильтрования представлена на рисунке 3.2.

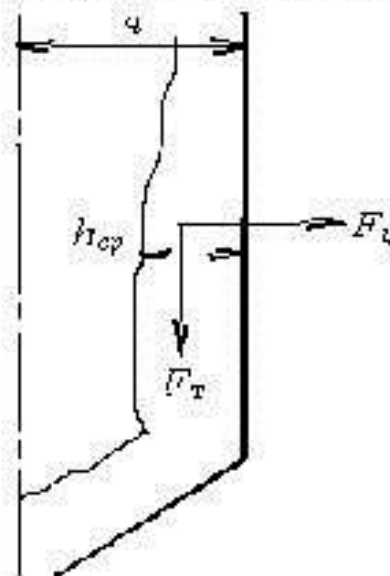


Рисунок 3.2 - Схема центробежного фильтрования

$$F_{\text{ц}} = \rho \omega^2 \cdot r \cdot h_{\text{ос}} \cdot S \quad (3.6)$$

где ρ –плотность массы, кг/м³,

ω –угловая скорость движения суспензии, с⁻¹,

r –радиус стакана, м,

h_{cp} –средняя толщина слоя, м.

Сила тяжести равна

$$F_T = \rho \cdot g \cdot h_{cp} \cdot S \quad (3.7)$$

Из формул (3.5), (3.6), (3.7) выводим

$$\Delta P = g \cdot h_{cp} \cdot (\omega^2 \cdot r + g) \quad (3.8)$$

Сопротивление среды R складывается из двух составляющих

$$R = R_{y.c.o.} \cdot h_{ам} + R_{ф.п.} \quad (3.9)$$

где $R_{y.c.o.}$ –удельное сопротивление осадка,

$R_{ф.п.}$ –сопротивление фильтровальной перегородки, м⁻¹

Преобразуя соотношение (3.4) с помощью (3.8) и (3.9) получаем дифференциальное уравнение

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\rho \cdot h_{cp} (\omega^2 r + g) \cdot (V_0 - V)}{\mu \cdot (R_{y.c.o.} \cdot h_{ам} + R_{ф.п.}) \cdot h_{ам}} \quad (3.10)$$

Учитывая, что

$$\frac{\rho \cdot h_{cp} (\omega^2 r + g)}{\mu \cdot (R_{y.c.o.} \cdot h_{ам} + R_{ф.п.})} = \mathcal{Q}_{ф.ср} \quad (3.11)$$

где $\mathcal{Q}_{ф.ср.}$ –средняя скорость фильтрации, выводим

$$\frac{dV}{V_0 - V} = \frac{\mathcal{Q}_{ф.ср.}}{h_{ам}} \cdot t \quad (3.12)$$

где t –время фильтрации, с.

Интегрируя уравнение (3.12) с учётом начальных условий : при $t=0$ $\mathcal{Q}=0$, получаем зависимость объёма вытекающей жидкости от времени t

$$\frac{V_0 - V}{V_0} = e^{-\frac{\mathcal{Q}_{ф.ср.} \cdot t}{h_{ам}}} \quad (3.13)$$

После преобразования получим

$$V = V_0 (1 - e^{-\frac{\mathcal{Q}_{ф.ср.} \cdot t}{h_{ам}}}) \quad (3.14)$$

Для расчёта скорости фильтрации $\mathcal{Q}_{ф.ф.}$ нам не известны сопротивления $R_{y.c.o.}$ и $R_{ф.н.}$. Так как они определяются экспериментально, ссылаясь на [10] принимаем $\mathcal{Q}_{ф.ф.} = 0,1$ м/с.

Зная подачу насоса, и примерную производительность машин прототипов, принимаем, что в цехе разделения навоза по фракции будет три инерционных сгустителя. Отсюда следует, что

$$V_0 = Q/n, \quad (3.15)$$

где Q – секундная подача насоса, м³/с;

n – число инерционных сгустителей;

$$V_0 = 0,055/3 = 0,018 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$V = 0,018(1 - e^{-\frac{0,1}{0,6}}) = 0,015 \text{ м}^3/\text{с}$$

Зная выход жидкой фракции V одну секунду, определим выход за час

$$V_ч = 0,015 \cdot 3600 = 54 \text{ м}^3$$

Зная, что объём жидкой фракции после сгустителя составляет 80% от исходного количества суспензии, определяем общую производительность сгустителя

$$Q = 0,20 \cdot 54 + 54 = 64,8 \text{ м}^3/\text{ч}$$

3.3 Прочностной расчёт инерционного сгустителя

Расчёт корпуса сгустителя

Рассчитаем толщину стенки корпуса сгустителя.

Корпус, представлен на рисунке 3.3, представляет собой цилиндр с диаметром $D=800$ мм и высотой $H=1000$ мм. В стенке корпуса под действием давления подачи суспензии возникают напряжения σ_1 и σ_2 , которые равны:

$$\sigma_1 = \frac{P \cdot D}{2t} \quad \sigma_2 = \frac{P \cdot D}{4t} \quad (3.16)$$

где P – давление подачи суспензии, Па;

D – диаметр корпуса, м;

t – толщина стенки корпуса, м [14].

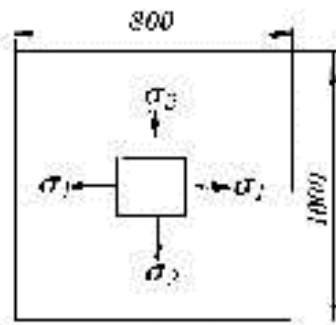


Рисунок 3.3 – Схема для расчёта стенки корпуса

Корпус будем изготавливать из материала сталь 20, для которой допускаемое напряжение $[\sigma] = 150 \text{ МПа}$.

Из условия прочности

$$\sigma_1 = \frac{P \cdot D}{2t} \leq [\sigma] \quad (3.17)$$

$$t \geq \frac{PD}{2[\sigma]} \quad (3.18)$$

$$t \geq \frac{130000 \cdot 0.8}{2 \cdot 150 \cdot 10^6} = 0.00035 \text{ м}$$

Для получения большей жёсткости корпуса принимаем $t=1 \text{ мм}$.

Рассчитаем днище и крышку корпуса.

Днище и крышка представляют собой диски с диаметром $D=800 \text{ мм}$ и толщиной h

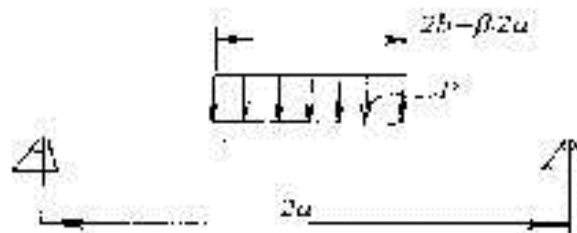


Рисунок 3.4 – Схема для расчёта днища и крышки корпуса

Прогиб определим из уравнения: [15]

$$\lambda = (0,68 - 0,51\beta^2 + 0,68\beta^2 \ln \beta) \cdot \frac{P \cdot a^2 \cdot b^2}{E \cdot h^3}; \quad (3.19)$$

где $\beta = \frac{b}{a}$ по рисунку 3.4.

E – модуль упругости, Па;

h – толщина днища, м

Так как стенки корпуса малой толщины, то можно считать крышка представляет собой крупную пластину, закреплённую по контуру с равномерной распределённой нагрузкой по всему контуру и тогда

$$\beta = \frac{b}{a} = 1 \text{ и } a = b = \frac{D}{2}$$

Напряжение в середине днища равно [15]:

$$\sigma = 0,49(\beta^2 + 4\ln \beta) \cdot P \cdot \left(\frac{b}{h}\right)^2 \quad (3.20)$$

Из условия прочности $\sigma \leq [\sigma]$

$$[\sigma] \leq 0,49(\beta^2 + 4\ln \beta) \cdot P \cdot \left(\frac{D}{2h}\right)^2 \quad (3.21)$$

Подставим значения β , P и D

$$[\sigma] \leq 0,49(1 + 4\ln \beta) \cdot 130000 \cdot \left(\frac{0,8}{2h}\right)^2$$

$$[\sigma] \leq 0,49 \cdot \left(\frac{83200}{4h^2}\right)$$

Выразим h

$$h \geq \sqrt{\frac{0,49 \cdot 83200}{4[\sigma]}}$$

Днище и крышку будем изготавливать из стали 20, следовательно $[\sigma] = 150 \cdot 10^6 \text{ Па}$

$$h \geq \sqrt{\frac{0,49 \cdot 83200}{4 \cdot 150 \cdot 10^6}} = 0,0118 \text{ м}$$

Принимаем $h = 15 \text{ мм}$.

При этом прогиб по середине будет

$$\lambda = (0,68 - 0,51\beta^2 + 0,68\beta^2 \ln \beta) \cdot \frac{P \cdot D^4}{16E \cdot h^3} \quad (3.22)$$

где $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ – для стали 20 [15].

$$\lambda = (0,68 - 0,51) \cdot \frac{130000 \cdot 0,8^4}{16 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 0,015^3} = 8,38 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,838 \text{ мм}$$

Расчёт угла наклона конической обечайки

Угол наклона конической обечайки определим через коэффициент трения ступенчатой фракции. Коэффициент трения суспензии о стальную поверхность принимаем $\varphi_1 = 0,6$ [15].

Чтобы суспензия скользила по наклонной поверхности конуса, угол должен быть:

$$\alpha \geq \arctg \varphi_1 \quad (3.23)$$

$$\alpha = 30.96^\circ$$

Расчёт цилиндрической пружины

Схема для расчёта пружины представлена на рисунке 3.5.

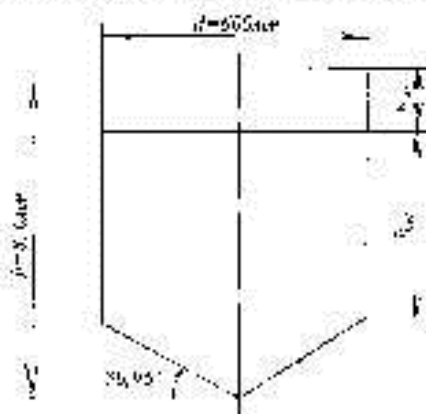


Рисунок 3.5 – Схема для расчёта цилиндрической пружины

Максимальная сила веса суспензии будет при полном заполнении объёма пружины и конуса

$$F = \rho \cdot g \cdot V, \quad (3.24)$$

где ρ –плотность суспензии, кг/м³,

g - ускорение свободного падения, м/с²,

V -объём внутри пружины и конуса, м³.

$$\rho = 1030 \text{ кг/м}^3$$

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

$$V = \frac{3.14 \cdot d^2}{4} \left(h - \frac{d \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2} \right) + \frac{1}{3} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{d \cdot \operatorname{tg} \alpha}{2} \quad (3.25)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 0,6^2}{4} \left(0,87 - \frac{0,6 \operatorname{tg} 30,96^\circ}{2} \right) + \frac{3,14 \cdot 0,6^3 \cdot \operatorname{tg} 30,96^\circ}{24} = 0,212 \text{ м}^3$$

$$F = 9,81 \cdot 1030 \cdot 0,212 = 2142 \text{ Н}$$

При высоте обечайки $h_{об}=165$ мм высота пружины равна

$$h_{пр} = h - h_{об} - \frac{d \operatorname{tg} \lambda}{2} \quad (3.26)$$

$$h_{пр} = 870 - 165 - \frac{600 \operatorname{tg} 30,96^\circ}{2} = 525 \text{ мм}$$

Диаметр проволоки пружины определим из расчёта на кручение [15]

$$\tau_{max} = \frac{2Q_d \cdot d}{2\pi r^3}, \quad (3.27)$$

где Q_d - динамическая сила, Н;

r - радиус проволоки, м;

τ_{max} - максимальное напряжение при кручении, Па.

Из условия прочности

$$\tau_{max} \leq [\tau] \leq 0,6[\sigma], \quad (3.28)$$

где $[\sigma]$ - допустимое напряжение материала проволоки, МПа.

Принимаем материал проволоки сталь 60С2А с пределом прочности $\sigma_s=1600$ МПа. При запасе прочности $n=5$

$$[\sigma] = \frac{\sigma_s}{n} = \frac{1600}{5} = 320 \text{ МПа}$$

$$[\tau] = 0,6 \cdot 320 = 192 \text{ МПа}$$

$$Q_d = K_d \cdot F_T, \quad (3.29)$$

где K_d - коэффициент динамичности,

F_T - сила веса, Н

$$Q_d = 2 \cdot 2142 = 4284 \text{ Н}$$

Из условия прочности

$$[\tau] \geq \frac{2Q_d \cdot d}{2\pi r^3} \quad (3.30)$$

$$r \geq \frac{2Q_s \cdot d}{2\pi[\tau]} \quad (3.31)$$

$$r \geq \frac{2 \cdot 4284 \cdot 0.6}{2 \cdot 3.14 \cdot 192 \cdot 10^6} = 4.26 \cdot 10^{-6} \text{ м} = 4,26 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$$

Это очень малая величина. Принимаем конструктивно $d_{\text{пр}} = 12 \text{ мм}$. При этом шаг пружины при зазоре между витками $0,5 \text{ мм}$ будет равен

$$t = d_{\text{пр}} + 0,5 = 12 + 0,5 = 12,5 \text{ мм}$$

Определим число витков пружины:

$$n = \frac{h_{\text{пр}} + t}{t}, \quad (3.32)$$

где $h_{\text{пр}}$ - высота пружины, мм.

$$n = \frac{525 + 12,5}{12,5} = 43$$

При этом деформация от динамической силы будет [15]

$$\lambda = \frac{4Q_s \cdot R^3}{G \cdot r^4} \quad (3.33)$$

где $R = \frac{d}{2} = \frac{0.6}{2} = 0.3 \text{ м}$

G - модуль упругости при кручении, Па;

r - радиус проволоки пружины, м

$$r = 0,5 d_{\text{пр}} = 0,5 \cdot 0,012 = 0,006 \text{ м}$$

$$G = 7,85 \cdot 10^{10} \text{ Па}$$

$$\lambda = \frac{4 \cdot 4284 \cdot 0,3^3 \cdot 43}{7,85 \cdot 10^{10} \cdot 0,006^4} = 152 \text{ м}$$

Это нереально. Задаемся деформацией $\lambda = 0,1 \text{ м} = 100 \text{ мм}$ из выражения (3.31) находим радиус проволоки

$$r = \sqrt[4]{\frac{4Q_s \cdot R^3 \cdot n}{G \cdot \lambda}} \quad (3.32)$$

$$r = \sqrt[4]{\frac{44284 \cdot 0,3^3 \cdot 43}{7,85 \cdot 10^{10} \cdot 0,1}} = 0,0398 \text{ м} = 39,8 \text{ мм}$$

Для данной конструкции это нереально. Уменьшение числа витков пружины так же не даёт положительных решений, поэтому при конструктивно принятом $d_{\text{тр}}=12$ мм и $t=12,5$ мм ограничиваем ход пружины и конуса упором, поставленным снизу под выходной патрубком, как показано на рисунке 3.6.

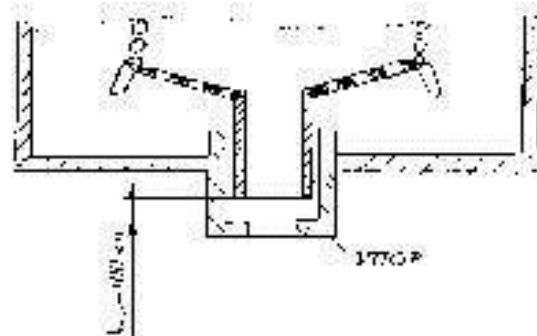


Рисунок 3.6 – Установка упора для ограничения хода пружины

Расчёт винтовой вставки

Схема для расчёта винтовой вставки представлена на рисунке 3.7.

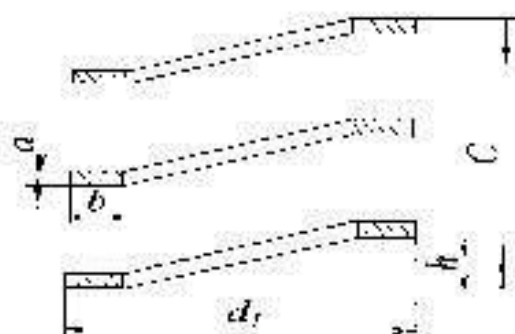


Рисунок 3.7 - Схема винтовой вставки

Принимаем конструктивно $b=90$ мм, $a=5$ мм, $d_1=d-2d_{\text{тр}}-1=600-24-1=575$ мм

Винтовую вставку рассчитываем как пружину с прямоугольным сечением. Высота этой вставки равна высоте цилиндрической пружины $c=h_{\text{тр}}=525$ мм. Так как верхней частью пружина закреплена на обечайке, а перемещение нижнего конца ограничивается винтом, то на деформационные расчёты пружину не рассчитываем, а определяем число витков при её шаге $h=200$ мм.

$$n = \frac{c}{h}, \quad (3.35)$$

где n – число витков,

s – высота пружины, мм,

h – шаг пружины, мм.

$$n = \frac{525}{200} = 2,6 \text{ витка}$$

Расчёт конусов

Диаметр основания конуса определим по формуле:

$$d_k = d_1 - 2b - 5, \quad (3.36)$$

где d_1 – диаметр винтовой вставки, мм,

b – ширина винтовой вставки, м [15].

$$d_k = 0,575 - 2 \cdot 9 - 5 = 390 \text{ мм.}$$

Принимаем диаметр входного патрубка, равный диаметру выходного патрубка $d_{т.к.} = 100$ мм. Схема для расчётов конусов представлена на рисунке 3.8.

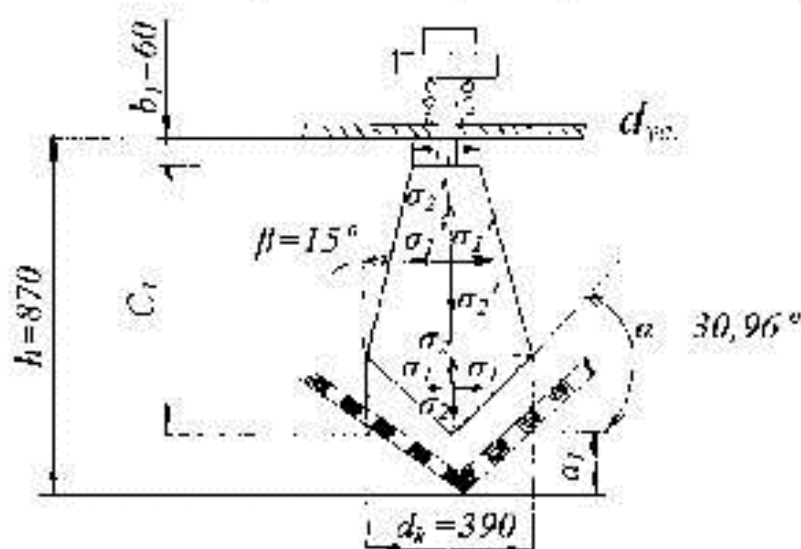


Рисунок 3.8 - Расчётная схема конусов

Определим высоту сердечника C_1

$$C_1 = h - b_1 - a_1 = 870 - 60 - 87 = 722 \text{ мм.}$$

Определим толщину стенки конусов. Для нижнего конуса имеем

$$\sigma_2 \sin \alpha \cdot 2\pi \frac{d_k}{2} \cdot t = \frac{\pi d_k^2}{4} \cdot P, \quad (3.37)$$

где t – толщина стенки, м,

P – выходное давление суспензии, Па.

Выразим толщину стенки t

$$t = \frac{d_k \cdot P}{2 \sin \alpha \sigma_2} \quad (3.38)$$

При $\sigma_2 = [\sigma] = 150 \text{ МПа}$, имеем

$$t = \frac{0,390 \cdot 130000}{2 \sin 30,96^\circ \cdot 150 \cdot 10^6} = 3,28 \cdot 10^{-4} \text{ м} = 0,32 \text{ мм}$$

$$\sigma_1 \frac{d_k}{\cos \alpha} \cdot t = \frac{P \cdot d_k \cdot \operatorname{tg} \alpha}{4}, \quad (3.39)$$

$$t = \frac{P \cdot d_k \cdot \sin \alpha}{4[\sigma]} \quad (3.40)$$

При $\sigma_1 = [\sigma] = 150 \text{ МПа}$, имеем

$$t = \frac{0,390 \cdot 130000 \cdot \sin 30,96^\circ}{4 \cdot 150 \cdot 10^6} = 0,04 \text{ мм}$$

Принимаем толщину стенок конусов $t = 1 \text{ мм}$

Определим силу давления суспензии на поверхность конусов

$$F = g \cdot \rho \cdot \frac{\pi d_k^2}{4} \cdot \left(C_1 - \frac{d_k \cos \alpha}{2} + b_1 \right), \quad (3.41)$$

где ρ – плотность суспензии, кг/м^3 ;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 [15].

$$F = 9,81 \cdot 1030 \cdot \frac{314 \cdot 0,39^2}{4} \cdot (0,722 - 0,195 \cdot \cos 30,96^\circ + 0,06) = 741 \text{ Н}$$

Определим боковую поверхность конусов:

$$S = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4 \cos \alpha} + \frac{\pi d_k^2}{4 \sin \beta} + \frac{\pi d_{yc}^2}{4} + \frac{\pi d_{yc}^2}{4 \sin \beta}, \quad (3.42)$$

где d_{yc} – усечённый диаметр верхнего конуса, мм.

$$\alpha = 30,96^\circ \quad \beta = 15^\circ$$

$$S = \frac{314}{4} \left(\frac{390^2}{\cos 30,96^\circ} + \frac{390^2}{\sin 15^\circ} + 66^2 + \frac{66^2}{\sin 15^\circ} \right) = 590764 \text{ мм}$$

Определим вес конуса

$$G_k = \frac{S \cdot t \cdot 7,8}{10^5} \quad (3.43)$$

где S – площадь поверхности конусов, мм^2 ;

t – толщина стенок конусов, мм

$$G_k = \frac{590764 \cdot 1 \cdot 7,8}{10^3} = 46 \text{ Н}$$

Диаметр винта, удерживающего конус, определим из условия прочности

$$\frac{(F + G_k) \cdot K_f}{\pi \cdot d_s^2} \leq [\sigma], \quad (3.44)$$

Откуда

$$d_s \geq \sqrt{\frac{(F + G_k) \cdot k_d \cdot 4}{\pi [\sigma]}}, \quad (3.45)$$

где k_d – коэффициент динамический.

$$k_d = 2; \quad [\sigma] = 150 \text{ МПа}$$

$$d_s \geq \sqrt{\frac{(7,41 + 46) \cdot 2 \cdot 4}{3,14 \cdot 150 \cdot 10^6}} = 0,0036 \text{ м} = 3,6 \text{ мм}$$

Конструктивно принимаем диаметр винта $d_s = 10 \text{ мм}$

Расчёт пружины удерживающей конусы

Сила, действующая на пружину со стороны конуса с учётом динамики равна:

$$Q = (F + G_k) \cdot k_d \quad (3.46)$$

где F – сила давления суспензии на поверхность конуса, Н;

G – сила веса конуса, Н;

k_d – коэффициент динамичности.

$$Q = (741 + 46) \cdot 2 = 1574 \text{ Н}$$

Конструктивно принимаем диаметр проволоки $d_n = 8 \text{ мм}$ и диаметр

витка пружины $2R = 50 \text{ мм}$. При отсутствии нагрузки шаг пружины $t = 18 \text{ мм}$

Определим число витков пружины n . При максимальном сжатии пружины силой $Q = 1574 \text{ Н}$ должен оставаться запас на дальнейшее сжатие пружины не менее $\lambda_2 = 20 \text{ мм}$

Деформация пружины:

$$\lambda_1 = \frac{4QnR^3}{G \cdot r^4}, \quad (3.47)$$

где R – радиус витка пружины, м,

r – радиус проволоки пружины, м,

n – число витков.

$$\lambda_1 = \frac{4 \cdot 1574 \cdot 0,025^3 n}{7,85 \cdot 10^4 \cdot 0,004^4} = 0,00489n$$

Полная деформация пружины равна:

$$(t - d) n, \quad (3.48)$$

где t – шаг пружины, м,

d – диаметр проволоки пружины, м,

n – количество витков [11].

Должно соблюдаться равенство

$$\lambda_1 + \lambda_2 = (t - d) \cdot n \quad (3.49)$$

$$0,00489n + 0,02 = (0,018 - 0,008) \cdot n$$

$$n = \frac{0,02}{0,01 - 0,00489} = 4 \text{ витка}$$

Определим наибольшее напряжение при полном сжатии пружины

$$\tau_{\max} = \frac{2QR}{\pi r^3} \quad (3.50)$$

С учетом деформации:

$$Q = \frac{\lambda \cdot r^4 \cdot G}{4R^3 n} \quad (3.51)$$

Подставим (3.51) в (3.50) и получим

$$\tau_{\max} = \frac{\lambda \cdot r \cdot G}{2R^3 \cdot n \cdot \pi} \quad (3.52)$$

$$\lambda = (t - d) \cdot n = (18 - 8) \cdot 4 = 40 \text{ мм}$$

$$\tau_{\max} = \frac{0,04 \cdot 0,004 \cdot 7,85 \cdot 10^{10}}{2 \cdot 0,025^3 \cdot 4 \cdot 3,14} = 320 \text{ МПа}$$

$$[\tau] = 192 \text{ МПа } \tau_{\max} > [\tau],$$

поэтому увеличиваем радиус витков с 25 мм до 30 мм, тогда

$$\tau_{\max} = \frac{0,04 \cdot 0,004 \cdot 7,85 \cdot 10^{10}}{2 \cdot 0,03^3 \cdot 4 \cdot 3,14} = 185 \text{ МПа}$$

Окончательные параметры пружины

$$D = 2R = 2 \cdot 30 = 60 \text{ мм}$$

$$d_n = 8 \text{ мм}$$

$$t = 18 \text{ мм}$$

$$n = 4 \text{ витка.}$$

Определим высоту пружины

$$H_{\text{пр}} = (t + 1,5) \cdot n \quad (3.53)$$

$$H_{\text{пр}} = (18 + 1,5) \cdot 4 = 78 \text{ мм.}$$

Здесь 1,5n дается на нерабочие витки.

3.4 Правила безопасной и экологической эксплуатации инерционного сгустителя

Инструкция распространяется на работников эксплуатирующих инерционный сгуститель. К обслуживанию машин допускаются лица не моложе 18 лет, обученные безопасным приемам работы на данном оборудовании и прошедшие все виды инструктажей. Работать только на исправном оборудовании, пользоваться только исправным инструментом и приспособлениями. Уметь оказывать медицинскую помощь пострадавшему.

Знать правила применения первичных средств пожаротушения и их размещение. Запрещается работать в состоянии алкогольного опьянения. За нарушение данной инструкции виновные несут ответственность согласно правил внутреннего трудового распорядка.

Перед началом работы:

1. Проследить, чтобы рабочая одежда не стесняла движений и не имела свисающие концы.
2. Проверить состояние оборудования.
3. Проверить технический осмотр оборудования.

4. Убедитесь в наличии и исправности ограждений, предохранительных устройств.

5. Проверить исправность заземления.

Во время работы:

1. Запрещается проводить ремонт и техническое обслуживание при работающем оборудовании.

2. При возникновении каких-либо неисправностей немедленно выключить всю линию.

3. При возникновении неисправностей в системе электрооборудования немедленно вызвать электрика. Запрещается устранять неисправности в электрооборудовании самому рабочему.

4. Поддерживать чистоту и порядок на рабочем месте.

5. Отдыхать только в специально отведенном месте.

По окончании работы:

1. Выключить установку.

2. Привести в порядок оборудование и рабочее место.

3. Рабочую одежду убрать в отведенное место.

Вымыть лицо и руки.

В настоящее время охране окружающей среды уделяется все большее внимание. Происходит загрязнение атмосферного воздуха, воды и грунта. Чтобы этого не происходило, всем нужно серьезно относиться к охране окружающей среды, так как в этой среде живут все существа, в том числе и человек.

С целью охраны окружающей среды, на ферме предусмотрено следующее:

Навозохранилища располагают с подветренной стороны, ниже уровня производственных зданий и жилых помещений. Вокруг навозохранилища устраивают каналы для отвода поверхностных вод. Вокруг навозохранилища сажают деревья. На территории фермы все пустующие места обсаживают

зелеными насаждениями. Химические вещества нужно хранить в складах, исключить их попадание в почву или воду.

3.5 Физическая культура на производстве

Физическая культура на производстве – важный фактор ускорения и увеличения производительности труда.

С учётом преобладания умственного или физического труда и его тяжести специалисты подразделяются на 2 группы: водители самоходных агрегатов и машин (шофёры, трактористы) и специалисты стационарных установок (мотористы, слесари, электрификаторы). Поэтому работа одних связана с управлением транспорта, с большой психофизической нагрузкой, а других – со сложной координацией движения и работой в непростых условиях (на высоте, в узких помещениях). Это требует выносливости, силы отдельных мышц, специальной координации движений. Занятия по физической культуре для операторов кормоприготовительного цеха должны включать следующие виды спорта: гиревой спорт, армспорт, борьбу, гимнастика, спортивные игры и другие виды спорта.

3.6 Экономическое обоснование проекта механизации удаления и обработки навоза

Для повышения качества разделения навоза на фракции применяют инерционные сепараторы. Использование пленочной лагуны позволит лучше сохранить жидкую фракцию навоза.

Объектом экономического обоснования является проект изменения технологии удаления и обработки навоза жидкой и твердой фракции.

Цель экономического обоснования – определить экономическую целесообразность изменения технологии удаления и обработки навоза жидкой и твердой фракции

Ожидаемые результаты внедрения разработки.

- экономия минеральных удобрений,

- прирост выпуска продукции растениеводства.
- дополнительный чистый доход,
- инвестиционный эффект от реализации проекта.

Объектом для сравнения разработки является существующая на предприятии система удаления и обработки навоза жидкой и твердой фракции.

Для экономической оценки проекта избрана следующая система показателей:

- годовая экономия минеральных удобрений,
- экономический эффект за срок реализации проекта,
- срок окупаемости вложений.

Стоимость проектируемого инерционного сгустителя представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Оценка размера капитальных вложений в изготовление проектируемого инерционного сгустителя

Показатели	Ед. изм.	Количество, ед.	Цена, руб. за ед.	Итого, руб.
1	2	3	4	5
1. Комплектующие единицы				
Обечайка коническая	шт.			
Конус (Лист ВТ-0-3)	шт.	1	400	400
Патрубок (Труба 105х5МН95)	шт.	1	300	300
Конус №2 (Лист ВТ1-0-3)	шт.	1	500	500
Тарелка АМЦ	шт.	1	500	500
Электроды АНО-21, кг	кг	2	55	110
Корпус сгустителя	шт.			0
Патрубок №1 (Труба 75х15)	шт.	1	300	300

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3	4	5
Патрубок №2 (Труба 75х15)	шт.	1	300	300
Дно	шт.	1	200	200
Цилиндр	шт.	1	1360	1360
Кольцо	шт.	1	100	100
Патрубок №3	шт.	1	150	150
Флянец	шт.	1	150	150

Сектор №1	шт.	1	10	10
Прокладка (Смесь резиновая В-14)	шт.	1	25	25
Сектор №2 (Лист ГПРХХ)	шт.	1	10	10
Винт М8	шт.	6	10	60
Прочие сборочные единицы				
Рама	шт.	1	2500	2500
Сердечник	шт.	1	1300	1300
Ручка	шт.	1	150	150
Ось (Пруток 15)	шт.	1	100	100
Пружина	шт.	1	700	700
Вставка винтовая (Лента ДПРНМ5)	шт.	1	400	400
Стенка перфорированная	шт.	1	800	800
Втулка (Круг Ф45)	шт.	1	50	50
Уплотнитель	шт.	1	150	150
Смесь резиновая В-14	шт.	1	60	60
Сухарь (Круг Ф75)	шт.	1	60	60
Пружина (Проволока 5-Х20Н80-Н)	шт.	1	200	200
Шайба (Лента 10-М-2-НО-5)	шт.	1	10	10
Крышка	шт.	1	100	100
Стандартные детали				
Болт М10 х35	шт.	10	4	40
Болт М14 х40	шт.	20	5	100
Болт М10х 30	шт.	15	4	60
Болт М 14 х 28	шт.	10	6	60
Гайка М14	шт.	3	4	12
Шайба	шт.	50	2	100
Итого расходы на сырье, материалы и комплектующие детали				11527
2. Затраты труда на изготовление и монтаж				
Затраты труда на изготовление и монтаж оборудования	чел.-ч.	160	65,7	10512

3. Калькуляция капитальных вложений				
ИТОГО прямых затрат на изготовление и монтаж оборудования, руб.				22039
Накладные расходы, руб.				2203
ВСЕГО капитальных затрат (вложений), руб.				24242

Стоимость капитальных вложений для изготовления 1 инерционного сгустителя составила 24242 руб. В проектом варианте планируется применить 3 инерционных сгустителя на общую сумму 72726 рублей.

Часовая тарифная ставка рабочего на изготовление и монтаж измельчителя:

$$O_{н/см} = O_{н1} \cdot R_{тар} \cdot R_0 / H_{т.см} \quad (5.1)$$

где $O_{н1}$ – минимальная заработная плата в месяц для 1-го рабочего, руб;

$R_{тар}$ – тарифный коэффициент для рабочего 6-го разряда;

R_0 – отраслевой коэффициент

$H_{т.см}$ – часовая норма для 1-го рабочего в месяц.

$$O_{ч/см} = 4300 \cdot 1,67 \cdot 1,5 / 169,2 = 65,7 \text{ руб/час}$$

Общие затраты на изготовление и монтаж 1 инерционного сгустителя составят:

$$Z_o = O_{ч/см} \cdot Z_{т.}, \quad (5.2)$$

где $Z_{т.}$ – затраты на изготовление и монтаж оборудования, чел.-ч

$$Z_o = 65,7 \cdot 160 = 10512 \text{ рублей.}$$

Показатели общей характеристики проекта показаны в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Общая характеристика оцениваемого проекта

Показатели	Базовый вариант	По проекту
Характеристика процессов удаления навоза		

Численность работников, занятых в процессах удаления навоза, чел.	9	10
Годовой объем удаления навоза жидкой и твердой фракции, т	145890,5	145890,5
Количество готового навоза жидкой и твердой фракции, т за год	119628,0	137137,1

По проекту предполагается увеличение численности занятых работников в процессах удаления и обработки навоза на 1 человека за счет оператора для обслуживания инерционных сгустителей, т.е. 119628 тонн навоза после переработки (базовой) готовы для внесения на поля, но при использовании инерционного сгустителя увеличивается полезный выход навоза на 13,6 %, что составит в общем 137137,1 тонну навоза готовую для внесения в почву.

Таблица 5.3 – Потребность в живом труде по проекту

Показатели	Варианты	
	Базовый	По проекту
Численность работников, чел.	9	10
Затраты труда, чел.-ч. за год	17394	19327
Объем готового навоза жидкой и твердой фракции, т за год	119628,0	137137,1
Трудоемкость заготовки навоза жидкой и твердой фракции, чел.-ч./т	0,145	0,147
Перерасход (+) затрат труда на заготовку 1 т навоза жидкой и твердой фракции, чел.-ч		+0,002
Потребность в дополнительных затратах на заработную плату, руб.		68997,39

Годовая трудоемкость на уборку навоза на одного человека составляет 1932,7 чел-ч.

Годовые затраты труда с применением инерционных загустителей увеличатся на 1932,7 так как будет задействован еще один человек.

Часовая тарифная ставка рабочего на утилизации навоза

$$O_{н/см} = O_{н1} \cdot R_{тар} \cdot R_0 / H \cdot t \cdot см \quad (5.3)$$

где $O_{н1}$ – минимальная заработная плата в месяц для 1-го рабочего, руб,

$R_{тар}$ – тарифный коэффициент для рабочего 3-го разряда;

R_0 – отраслевой коэффициент

$H_{т.см}$ – часовая норма для 1-го рабочего в месяц,

$$O_{ч/см} = 2100 \cdot 1,23 \cdot 1,5 / 169,2 = 35,7 \text{ руб/час}$$

Годовые затраты труда составят:

$$З_t = O_{ч/см} \cdot 1932,7 = 35,7 \cdot 1932,7 = 68997,39 \text{ рублей} \quad (5.4)$$

Трудоемкость заготовки навоза жидкой и твердой фракции, чел.-ч./т определяется по формуле:

$$T = \frac{З_{тр}}{V_{наз}}, \quad (5.5)$$

где $З_{тр}$ – затраты труда, чел.-ч. за год;

$V_{наз}$ – объем готового навоза жидкой и твердой фракции, т за год.

$$\text{Для базового варианта: } T = \frac{17394}{119628,0} = 0,145 \text{ чел.-ч./т}$$

$$\text{Для проектируемого варианта: } T = \frac{19327}{137137,1} = 0,147 \text{ чел.-ч./т}$$

Для выполнения комплекса планируемых мероприятий по удалению и обработки навоза жидкой и твердой фракции потребуется дополнительное рабочее время в размере 1932,7 чел.-ч за год. Трудоемкость заготовки и обработки навоза жидкой и твердой фракции повысится от 0,145 до 0,147 чел.-ч./т. Однако увеличение потребности в живом труде и капитальных затратах будут сопровождаться значительной экономией минеральных удобрений (таблица 5.4).

Таблица 5.4 - Объем заготовки навоза жидкой и твердой фракции и эквивалентное количество минеральных удобрений

Показатели	Варианты	
	Базовый	По проекту
1	2	3
Объем заготовки навоза жидкой и твердой фракции, т	145890,5	145890,5

за год		
в т.ч. навоза жидкой фракции, т за год	116727,0	116727,0
Потери в процессе приготовления навоза жидкой и твердой фракции (утар), %	6	6
Потери при хранении в котловане навоза жидкой фракции, %	15	0
Объем готового навоза жидкой фракции, т за год	92214,33	109723,4
Объем готового навоза твердой фракции, т за год	27413,69	27413,69
Объем готового навоза жидкой и твердой фракции, т за год	119628,0	137137,1
Содержание действующего вещества в навозе жидкой и твердой фракции, %		
N	0,55	0,59
P2O5	0,31	0,33
K2O	0,4	0,43
Количество действующего вещества в навозе жидкой и твердой фракции, т	1507,31	1851,35
N	657,95	809,11
P2O5	370,85	452,55
K2O	478,51	589,69
Эквивалентное количество минеральных удобрений, т	3957,44	4861,26
Аммиачная селитра (34%)	1935,16	2379,73
Двойной суперфосфат гранулированный (42%)	882,97	1077,51
Калийная соль (42%)	1139,31	1404,02
Цена удобрений, тыс. руб./т		
Аммиачная селитра (34%)	5	5
Двойной суперфосфат гранулированный (42%)	9	9
Калийная соль (42%)	3	3

Из данной таблицы видно, какую прибыль приносит внедрении новой технологии:

Аммиачная селитра (34%):

$$(2379,73 - 1935,16) \cdot 5000 = 2222850 \text{ рублей}$$

Двойной суперфосфат гранулированный (42%):

$$(1077,51 - 882,97) \cdot 11000 = 1750860 \text{ рублей}$$

Калийная соль (42%):

$$(1404,02 - 1139,31) \cdot 3000 = 794130 \text{ рублей}$$

Общая сумма прибыли составит:

$$2222850 + 1750860 + 794130 = 4767840 \text{ рублей.}$$

Эквивалентное количество минеральных удобрений, которое можно сэкономить путем замены навоза жидкой и твердой фракции оценивается в размере 4861 т, из которых 903,8 т относятся к эффекту проектируемого комплекса мероприятий. Размер экономии составляет в целом 19,9 млн. руб., из них за счет реализации проекта ожидается 4,7 млн. руб. Эта экономия не является условной, поскольку речь идет об увеличении количества навоза, которое планируется вносить на поля, в сравнении с базовым вариантом. Поэтому предприятие имеет возможность отказаться от соответствующей покупки минеральных удобрений, заменив их дополнительным навозом жидкой и твердой фракции. Так же предприятие имеет возможность продать данный навоз минимум 600 рублей за тонну, что так же принесет прибыль в размере $600 \cdot 903,8 = 542\,280$ рублей.

В свою очередь эксплуатационные затраты определяются по формуле:

$$C = (Z_t + P) \cdot K + Z_g, \text{ руб.} \quad (5.6)$$

где Z_t – затраты на изготовление и монтаж оборудования, руб;

P – стоимость капитальных вложений для изготовления 1-го инерционного сгустителя, руб;

Z_g – годовые затраты труда обслуживающего персонала, руб;

K – количество инерционных сгустителей.

$$C = (10512 + 24242) \cdot 3 + 68997,39 = 173\,259,39 \text{ рублей.}$$

Срок окупаемости от дополнительных капитальных вложений равен:

$$T = \frac{\Delta K}{\Delta \Pi} = \frac{173259,39}{542280} = 0,32 \text{ года}$$

С учетом продажи навоза окупаемость проекта не превышает года, это значит что данное внедрение окупится за один год, так как навозу необходимо приобрести нужную консистенцию.

Сведем основные показатели в таблицу 5.5.

Таблица 5.5-Основные экономические показатели

Показатели	Значения
Трудоемкость, чел.час/т	0,147
Стоимость оборудования, руб.	72726
Всего капиталовложений, руб	173259
Годовой экономический эффект руб.	542280
Срок окупаемости, лет	0,32

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа существующих технологий усовершенствована линия обработки навоза.

Разработана технологическая линия удаления и обработки навоза с введением цеха по разделению навоза на фракции.

Разработана новая конструкция инерционного сгустителя, преимущество которого состоит в том, что он позволяет наиболее эффективно использовать линию разделения навоза на фракцию, за счет предварительного обезвоживания навоза.

В результате внедрения разработанной технологической линии годовой экономический эффект оценивается 542000 рублей, срок окупаемости вложений 0,32 года.