

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ

Панова Т.В., Панов М.В.

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ПРИ КОМПСТИРОВАНИИ

Монография

Брянская область
2024

УДК 628.473 (035.3)

ББК 30.69

П 16

Панова, Т. В. Биологическая опасность при компостировании / Т. В. Панова, М. В. Панов. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2024. - 174 с.

ISBN-978-5-88517-345-2

В монографии рассмотрены виды и фазы компостирования, опасные и вредные факторы компостирования, технологии компостирования, энергосберегающее оборудование для компостирования, принципы утилизации избыточных тепловыделений в процессе хранения растительных материалов, выявлены доминирующие факторы при компостировании.

Монография рекомендована для изучения дисциплин «Производственная санитария и гигиена труда» направления подготовки 20.03.01 - Техносферная безопасность.

Рецензенты: доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Безопасности жизнедеятельности и инженерной экологии Брянского ГАУ Е. Н. Христофоров;

Заведующий кафедрой «Техносферная безопасность», ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет», доктор технических наук, доцент М. Н. Нагоркин.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно - технологического факультета Брянского ГАУ, протокол №5 от «30» января 2024 года.

ISBN-978-5-88517-345-2

© Брянский ГАУ, 2024

© Панова Т.В., 2024

© Панов М.В., 2024

Оглавление

1 Виды и фазы компостирования	7
1.1 Понятие о компостировании.....	7
1.2 Стадии компостирования	9
1.3 Факторы, влияющие на процесс компостирования.....	11
1.4 Приемы и способы ускорения созревания и повышения качества компоста	12
2 Опасные и вредные факторы компостирования	15
2.1 Анализ производственно-обусловленной и профессиональной заболеваемости в АПК.....	15
2.2 Биологическая опасность как фактор риска.....	19
2.3 Профессиональные болезни при компостировании	38
3 Технологии компостирования	50
3.1 Оптимальные условия компостирования	50
3.3 Технологические приемы компостирования.....	57
4 Энергосберегающее оборудование для компостирования	60
4.1 Классификация установок для компостирования.....	60
4.2 Устройства, повышающие качество компоста.....	62
5 Утилизация избыточных тепловыделений в процессе хранения растительных материалов	65
5.1 Технические и технологические способы предотвращения самовозгорания.....	65
5.2 Классификация установок для утилизации теплоты.....	68
5.3 Варианты использования теплоты, выделяющейся при разложении органики	70
5.4 Приточно-вытяжная установка для получения органического удобрения и утилизации тепла	72
6 Доминирующие факторы при компостировании.....	75
6.1 Методика определения доминирующих факторов компостирования.....	75
6.2 Результаты априорного отсеивания факторов, влияющих на процесс компостирования.....	77
7 Установка для приготовления компоста.....	89
7.1 Результат априорного отсеивания факторов влияющими на однородность перемешивания.....	91
7.2 Процесс ворошения рабочим органом битерного типа.....	96
7.3 Определение длины, шага и оптимального числа пальцев ворошителя	98
7.4 Экспериментальное определение оптимального диаметра пальца ворошителя	106
7.5 Определение сходимости теоретических и экспериментальных значений конструктивно-режимных параметров.....	107

7.6 Выбор удерживающей пружины створок днища установки	108
7.7 Определение снеговых и ветровых нагрузок на установку для компостирования	109
7.8 Смешивающая способность ворошителя	133
7.8.1 Определение размера «мертвой зоны»	133
7.8.2 Результаты исследования влияния пальцевых насадок на смешивающую способность	137
7.8.3 Результаты определения смешивающей способности ворошителя.....	138
7.8.4 Экспериментальное определение массы компоста и адекватности математической модели	141
7.8.5 Результаты определения мощности, производительностей и энергоемкостей установки по перемешиванию и по готовой продукции	145
8 Универсальный измельчитель растительных материалов	150
9 Оценка качества получаемого компоста.....	152
Заключение	158
Литература	159
ПРИЛОЖЕНИЕ	166

Введение

К органическим удобрениям относятся перегной, торф, навоз, различные компосты, органические отходы городского хозяйства (сточные воды, осадки сточных вод, городской мусор), зеленое удобрение. Они содержат важнейшие элементы питания, в основном в органической форме, и большое количество микроорганизмов, необходимых для получения хорошего урожая.

Компосты - удобрения, получаемые в результате разложения различных органических веществ под влиянием деятельности микроорганизмов [16]. Рабочий процесс перемешивания компонентов при компостировании растительных материалов происходит в сложных условиях: масса неоднородна по составу (размеры частиц, плотность составляющих компостируемой массы), сопротивление частиц отрыву неодинаково. Выбранную нами схему ворошителя на основе проведенного анализа и классификации смесителей следует отнести к ротационным, рабочий орган которых - битер.

В последнее десятилетие вновь возрос интерес к компостам как к доступной по стоимости питательной подкормке для растений. Компостирование органики решает и такую важную экологическую задачу, как утилизация растительного материала, оставшегося после скармливания животным, обкашивания территории хозяйств от сорных растений, прополки полеводческих участков, а также пожнивных остатков, обрезки плодовых и декоративных деревьев и кустарников, опавшей листвы и пр.

Процесс приготовления компоста является трудоёмким и достаточно вредным для персонала, который в нем участвует. Трудоемкость связана, прежде всего, с необходимостью регулярной перебивки (перемешивания) компоста для выравнивания температуры, влажности и насыщения растительного сырья кислородом. Кроме того, требуется непрерывный контроль изменения основных параметров компостирования: температуры воздуха и органического сырья, влажности, кислотности и содержания кислорода. Нарушение режима компостирования может привести к низкому качеству конечного продукта, откло-

нению от ГОСТ его основных характеристик, что не позволит его применять как полноценное удобрение.

Анализ зарубежных и отечественных простейших компостеров и механизированных компостариев, насыщенных электроникой, показывает, что их стоимость неприемлема для сельхозпредприятий малых форм собственности и частных подворий. Наличие электроники требует привлечения специалистов по обслуживанию сложной техники, что влечет за собой дополнительные расходы и увеличение срока окупаемости затрат.

С другой стороны, компостирование непосредственно связано с жизнедеятельностью микроорганизмов, многие из которых являются патогенными, способными вызывать аллергические реакции, грибковые и другие заболевания у персонала, занятого в производстве компостов.

В целях снижения трудоемкости компостирования, а также риска профессиональных заболеваний, необходимо исключить контакт человека с растительным материалом при его ферментативном разложении, максимально механизировав все процессы по технологии высокого уровня: перемешивание сырья, аэрацию, увлажнение и выгрузку компоста. Для достижения этой цели разработка установки по компостированию растительного материала, которая сочетала бы в себе надежность, малую металлоемкость, простоту монтажа, демонтажа, эксплуатации и относительно низкую стоимость, будет являться актуальной задачей.

Актуальность выбранного направления исследований подтверждается также тем, что на территории г. Брянска и Брянской области имеется свыше 1600 сельхозформирований различных форм собственности, из них 962 крестьянских (фермерских) хозяйства. В этих организациях работает не менее 83000 человек, труд которых должен быть безопасным и безвредным, в том числе и при компостировании растительного сырья. Кроме того, на территории г. Брянска и Брянской области имеется 451 садоводческое общество, для которых компостирование растительных материалов – это процесс приготовления ценного органического удобрения с минимальными затратами.

1 Виды и фазы компостирования

1.1 Понятие о компостировании

Согласно ГОСТ Р 53042-2008, компостирование – это биотермический процесс минерализации и гумификации органических отходов, происходящий в аэробных условиях под воздействием микроорганизмов [11].

Применение контроля отличает компостирование от естественно протекающих процессов гниения или разложения [28].

По ГОСТ Р 53116-2008 компостирование относят к способу обезвреживания бытовых, сельскохозяйственных и некоторых промышленных отходов. Компостированию не подлежат больничные отбросы, субпродукты из ветлабораторий и отдельно фекалии. К компосту не допускаются примеси ядохимикатов, радиоактивных, дезинфицирующих и других токсических веществ, а также смолы и гудрона, в количествах, влияющих на процессы гумификации [12].

Обезвреживание отбросов при компостировании происходит в результате гибели большей части патогенных микроорганизмов (кроме споровых форм), яиц гельминтов и личинок мух под влиянием высокой температуры (не ниже 65°) и антагонистического воздействия микроорганизмов, а также вследствие разложения органического вещества отбросов и синтеза под влиянием биологических процессов нового органического вещества гумуса (перегноя), безвредного в санитарном отношении, являющегося хорошим удобрением [1, 6, 7, 8, 23, 26].

Процесс компостирования зависит от активности микро- и макроорганизмов (рисунок 1.1), которые нуждаются в источнике углерода для получения энергии и биосинтеза клеточного матрикса, а также в источнике азота для синтеза клеточных белков.

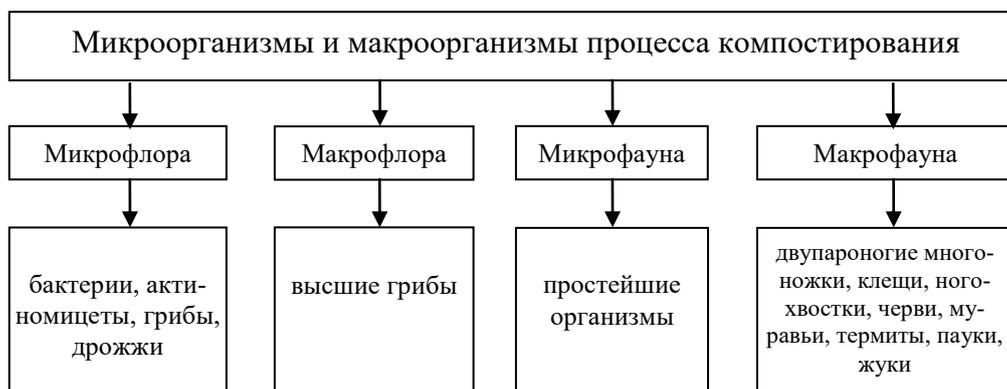


Рисунок 1.1 - Микро- и макроорганизмы, участвующие в процессе компостирования

Углерод, который составляет около 50 % общей массы микробных клеток, служит источником энергии и строительным материалом для клетки. Азот является жизненно важным элементом при синтезе клеткой белков, нуклеиновых кислот, аминокислот и ферментов, необходимых для построения клеточных структур, роста и функционирования. Потребность в углероде у микроорганизмов в 25 раз выше, чем в азоте. В меньшей степени микроорганизмы нуждаются в фосфоре, калии, кальции и других элементах [26, 27, 60, 63].

Материалы для компостирования с низким значением соотношения углерода к азоту (C:N), должны быть богаты азотом и белковыми составляющими (скошенная трава, сорняки, сидеральные растения, части растений после сбора урожая, некачественные овощи и фрукты, сено, тростник, камыш, кухонные отходы, навоз), с высоким значением соотношения C:N - должны быть богаты углеродом (хвоя, опилки, древесные обрезки, кора, листва, солома, бумага и картон). Бумагу и картон перед закладкой в компост для ускорения процесса разложения рекомендуется тщательно смочить водой [8, 23, 26, 27, 29, 32, 60, 61, 63].

Домашние отходы, обладающие слабой структурой, следует перемешивать с более грубыми и волокнистыми садовыми отходами, которые составляют основную массу компостного материала и обладают различным содержанием азота и воды [35, 37].

Результаты многочисленных исследований показали, что не подлежат

компостированию растения, пораженные грибковыми, бактериальными и вирусными болезнями [39, 53, 58].

Таким образом, для компостирования подходят практически все растительные материалы (древесные и недревесные), кроме растений, пораженных вирусными, грибковыми и бактериальными болезнями.

1.2 Стадии компостирования

В литературных источниках чаще описываются четыре основные фазы компостирования, реже пять [58]. Первая фаза – фаза распада (lag phase) начинается сразу после внесения свежих отходов в компостный бурт. В ней происходит первичное разложение растительного материала. В течение этой фазы микроорганизмы адаптируются к типу отходов и условиям обитания в компостной куче. Общая численность популяции микробов ещё невелика, температура, по мнению многих авторов невысока - 20-35 °С [28]. Веселов А.К. утверждает, что на данной фазе может наблюдаться стремительное повышение температуры в середине компостного бурта до 60-70 °С, часто с третьего по седьмой день, и прогрессивный распад легко обратимых органических субстанций [22]. В первичном разложении участвуют простейшие почвенные микроорганизмы (рисунок 1.1). Развитые микроорганизмы отсутствуют. Для этой фазы характерно уничтожение возбудителей заболеваний растений под действием термической реакции, снижение всхожести семян сорняков, уменьшение значения кислотности. Вторая фаза – фаза реконструкции (mesophilic phase) начинается после прогрессивного распада легко обратимых субстанций. Это переходный этап, на котором происходит увеличение числа микроорганизмов [58]. С этого момента начинается стремительный рост грибков, улучшается газообмен, аммиак образует органические соединения, а отношение C:N понижается. Этот этап продолжается 2-3 недели. Процесс распада субстратов усиливается. Значение pH среды понижается, что служит индикатором окончания второй стадии компостирования. Третья фаза – фаза синтеза (thermophilic phase) характеризу-

ется повышением температуры. Мезофильные микроорганизмы замещаются термофилами. В четвертой фазе - фазе созревания (final phase) образуются комплексы органических веществ, устойчивые к дальнейшему разложению и называемые гуминовыми кислотами или гумусом. В этой фазе температура компоста сравнивается с естественной температурой почвы, потребность в кислороде снижается, останавливаются процессы разложения, соотношение C:N устанавливается примерно 20:1. Продолжаются сложные внутренние процессы образования зрелого компоста. Пятая фаза является завершающей продолжительной фазой, на которой происходит полная гумификация компоста с формированием устойчивых форм гумуса и образования ценной компостной земли [14, 15].

Систематизированный порядок фаз компостирования и значений параметров, характерных каждой фазы - температуры (t), водородного показателя (pH) при влажности сырья 50–60 %, приведен на рисунке 1.2.

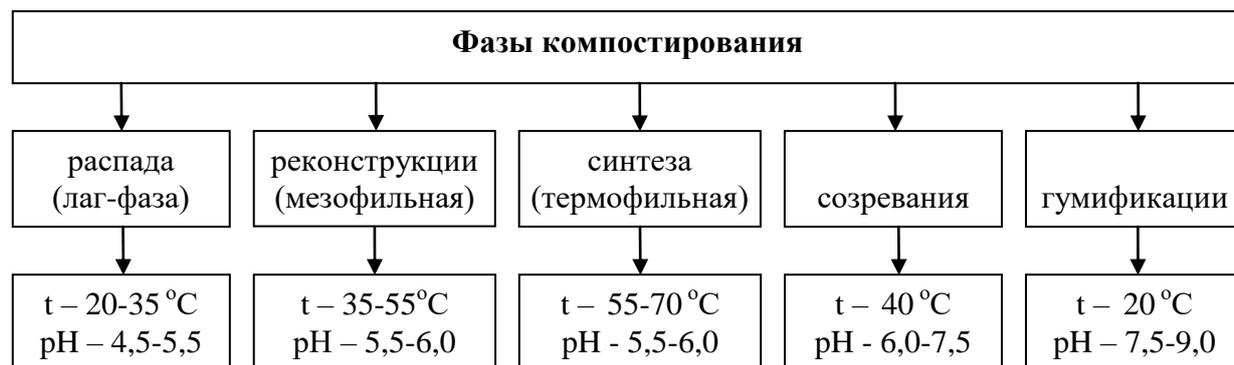


Рисунок 1.2 - Фазы (стадии) компостирования

На основании вышеизложенного можно заключить, что максимальный разогрев сырья (до 70 °C) наблюдается в фазе синтеза (термофильной фазе), продолжающейся до семи дней. В этой фазе происходит уничтожение возбудителей многих болезней растений, снижение всхожести семян сорняков, ускоренный распад белков, жиров и сложных углеводов типа целлюлозы и гемицеллюлозы, увеличение значения pH.

1.3 Факторы, влияющие на процесс компостирования

Для образования компоста большое значение имеет соотношение углерода к азоту (C:N). Оптимальным считается соотношение C:N, равное 25:1 (25 г углерода на 1г азота). Чем больше углерод-азотный баланс отклоняется от оптимального, тем медленнее протекает процесс. Для удовлетворения потребностей в азоте и углероде следует учитывать состав органических отходов. Свежие и зеленые субстраты богаты азотом (так называемые «зеленые» субстраты), а сухие (так называемые «коричневые» субстраты) – углеродом. Смесь для компоста готовится из равных частей «зеленых» и «коричневых» компонентов. Для образования компоста очень важно сохранение азота. Потеря азота активно происходит при высокоскоростных процессах компостирования за счет улетучивания аммиака, когда возрастает степень аэрации, создаются термофильные условия и значение pH достигает 6 [6, 23, 33, 57, 61, 63].

Значение pH является наиболее важным показателем «здоровья» компостного бурта. Роль pH в компостировании определяется тем, что многие микроорганизмы, как и беспозвоночные, не могут выживать в очень кислой среде. Зрелый компост должен иметь pH в интервале, близком к нейтральным значениям pH - от 6,8 до 7,0 [6, 23, 26, 33].

При нормальных условиях компостирование представляет собой аэробный процесс, т.к. для метаболизма и дыхания микробов необходимо присутствие кислорода. Потребность в кислороде меняется в течение процесса: она низка в мезофильной стадии, возрастает до максимума в термофильной стадии и падает до нуля во время стадии созревания. Идеальной считается концентрация кислорода, равная 16 – 18,5 % [26, 27, 29, 31, 33].

Кроме кислорода компостные микробы нуждаются в воде. Оптимальная влажность (50 – 60 %) зависит от природы и размера частиц. Содержание влаги менее 30 % подавляет бактериальную активность. Влажность более 65% препятствует диффузии воздуха в бурт, пустоты заполняются водой, которая ограничивает доступ кислорода [3, 26, 27, 32].

Хорошим показателем процесса компостирования служит температура. Она начинает подниматься через несколько часов с момента закладки субстрата и меняется в зависимости от стадий компостирования. При слишком высокой температуре (свыше 70 °С) процесс биодegradации подавляется из-за ингибирования роста микроорганизмов. Порогом, после которого наступает подавление, служит температура около 65 °С. Диапазон оптимальных температур в целом является очень широким – от 35 до 55 °С [28, 37, 54, 57].

Основная микробная активность проявляется на поверхности органических частиц. Следовательно, для компостирования немаловажное значение имеет размер частиц исходного материала. Уменьшение размера частиц ведет к увеличению площади поверхности, однако, когда частицы слишком малы, они плотно слипаются друг с другом, ухудшая циркуляцию воздуха в бурте. Оптимальным размером частиц считается 15 - 50 мм в зависимости от вида компостируемого материала [28, 32, 58].

Анализируя изложенное выше, можно заключить, что основными факторами, влияющими на процесс компостирования, являются соотношение С:N, значение водородного показателя рН, концентрация кислорода, влажность сырья, температура разогрева и размер частиц растительного материала. Высокая потребность в кислороде наблюдается в термофильной фазе, примерно через 2-3 недели от закладки компоста. Именно в этой фазе необходимо тщательное перемешивание и аэрация бурта.

1.4 Приемы и способы ускорения созревания и повышения качества компоста

Процесс естественного разложения субстрата при компостировании может быть ускорен благодаря постоянному контролю за соотношением углерода и азота, влажностью, температурой, содержанием кислорода, размером частиц, размером и формой компостного бурта, значением рН.

Для улучшения качества компоста, повышения содержания в нем пита-

тельных веществ и ускорения процесса разложения применяют различные растительные, химические и бактериальные добавки (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 - Катализаторы компостирования

Растительные добавки в виде травяных настоев из одуванчика, ромашки, тысячелистника и крапивы играют роль природных биологических катализаторов процессов разложения, обогащают компост биологически активными веществами, стимулируют жизнедеятельность почвенных организмов и оказывают оздоравливающее и дезинфицирующее действие, предотвращая гниение.

Химические добавки обогащают компост микроэлементами и устраняют неприятные запахи. Например, известь вносят в компост, когда возникает необходимость обработки большого количества кислореагирующих материалов в его составе (древесных обрезков, опилок, хвои, коры) для нейтрализации выделяющихся в процессе разложения кислот, пылевидный кремнезем улучшает структуру почвы и отлично связывает влагу, костная мука обладает сильным удобрительным действием и повышает биологическую активность компоста.

Нередко при компостировании осенью в прохладную погоду рекомендуют вносить дрожжевую закваску для быстрой активизации процесса разложения.

Управление температурой, оказывающей существенное влияние на процесс компостирования, может быть достигнуто с помощью принудительной вентиляции (активного вентилирования) в ходе компостирования. Отвод избы-

точной теплоты может осуществляться с помощью специальных устройств – теплоутилизаторов [17, 40, 42]. Кроме того, активное вентилирование компостного бурта позволяет поддерживать значения рН в оптимальном диапазоне [22, 31, 37]. Аэрация может осуществляться естественной диффузией кислорода в компостируемую массу посредством перемешивания компоста вручную или с помощью механизмов. Аэрация выполняет и другие функции в процессе компостирования - поток воздуха удаляет диоксид углерода и воду, образующиеся в процессе жизнедеятельности микроорганизмов, а также отводит теплоту благодаря испарительному теплопереносу.

В случае применения принудительной аэрации могут быть значительными потери воды, поэтому для поддержания оптимальной влажности возникает необходимость в дополнительном внесении воды в компост [4, 6, 31, 37].

Управление процессом перемешивания компоста обеспечивает переработку большей части сырья в термофильных условиях. Но чрезмерное перемешивание приводит к охлаждению и высыханию компостируемой массы, к разрывам в мицелии актиномицетов и грибов [3, 6, 23]. Начало термофильной фазы можно ускорить возвращением некоторого количества готового компоста в систему [29, 31, 57].

Для повышения качества компоста некоторыми авторами рекомендуется вермикомпостирование с помощью навозных червей [37, 53].

Обобщая изложенный выше материал, существующие приемы и способы повышения качества компоста можно представить в виде структурной схемы (рисунок 1.4).

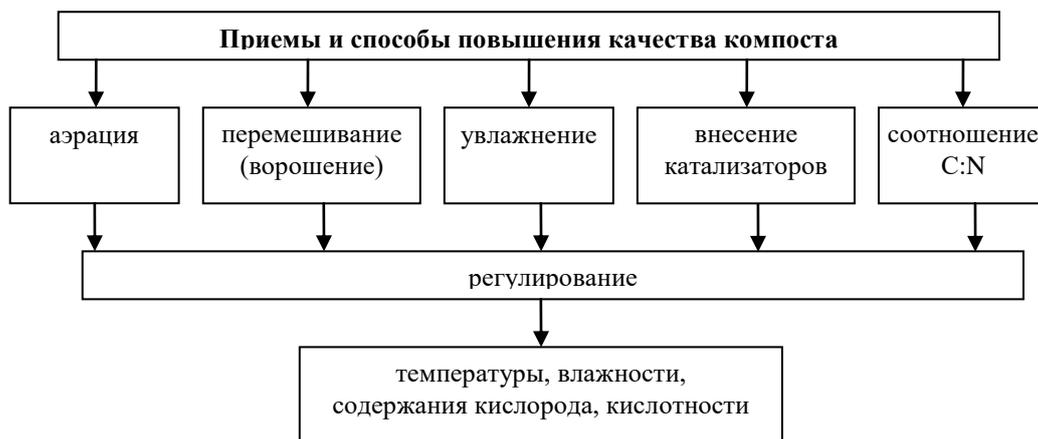


Рисунок 1.4 - Приемы и способы повышения качества компоста

Таким образом, кроме специальных растительных, химических, биологических добавок для приготовления высококачественного компоста необходимы регулярная аэрация, увлажнение и перемешивание материала в процессе его ферментативного разложения.

2 Опасные и вредные факторы компостирования

2.1 Анализ производственно-обусловленной и профессиональной заболеваемости в АПК

Производственная травма (трудовое увечье) - это следствие действия на организм различных внешних опасных производственных факторов. Травмирование работников возможно вследствие воздействия химических факторов, например, ядохимикатов (отравления или ожоги), физических факторов - электрического тока (электрические ожоги, электрические удары), высокой или низкой температуры (ожоги или обморожения), а также в результате сочетанного действия различных факторов (комбинированные травмы) [9, 20].

Производственно-обусловленное заболевание - это заболевание, появляющееся в результате поражения организма вредными производственными факторами (патологии органов дыхания, нервной, сердечно-сосудистой, опорно-

двигательного аппарата, желудочно-кишечного тракта, ЛОР-органов, кожи и др.) [10].

Профессиональное заболевание - это повреждение здоровья работника в результате постоянного или длительного воздействия на организм вредных условий труда. Различают острые, хронические, единичные и групповые профессиональные заболевания. Профессиональным заболеваниям посвящены научные труды таких ученых, как Парцельс (1499-1541), Агрикола (1494-1555), Ромацини (1633-1714), Авиценна (ок. 980-1037), Гален (130-600 гг. н.э.), а так же труды отечественных ученых: Никитина А.Н., Эрисмана Ф.Ф., Никольского Д.П., Левицкого В.А., Израэльсона З.И., Хлопина Г.В., Доброславина А.П. Острое профессиональное заболевание возможно в виде ожога глаз ультрафиолетовым излучением при выполнении сварочных работ, при отравлении хлором, оксидом углерода и др. Хронические профессиональные заболевания развиваются после многократного и длительного воздействия вредных производственных факторов, например, вибрации, производственного шума и др. [10, 47, 54].

В зависимости от вида производственных вредностей могут развиваться такие заболевания как пневмокониозы, повреждение кожных покровов, нарушение опорно-двигательного аппарата, виброболезнь, шумовая болезнь (тугоухость) и др. [32].

В настоящее время в России регистрируется до 12-13 тысяч профессиональных заболеваний в год. Для сравнения, примерно такое же количество регистрируется в Финляндии, а в США сотни тысяч (более 500) профессиональных заболеваний в год. Очевидно, что сравнительно небольшое количество ежегодно устанавливаемых профессиональных заболеваний в России вызвано не лучшими условиями труда, а недостатками в диагностике профессиональных заболеваний на ранней стадии их развития и низкой личностной оценкой своего здоровья [5, 16].

Анализ несчастных случаев, заболеваний и аварий, произошедших в России за последние годы, позволил выделить основные причины аварийности и травматизма на производстве. На долю человеческого фактора приходится

50,1% случаев; оборудование и техника явились причиной 18,1% происшествий; технология выполнения работ – 7,8%; условия внешней среды – 16,6%; прочие факторы – 7,4%. В настоящее время заметно возрос удельный вес аварий и несчастных случаев, происходящих из-за неправильных действий обслуживающего технического персонала. Часто это связано с недостаточностью профессионализма, а также неумением принимать оптимальные решения в сложной критической обстановке в условиях дефицита времени [17, 22].

Заболеваемость в АПК в 71,2-81,5% случаев формируется болезнями органов дыхания (36,6%), сердечнососудистой системы (7%), опорно-двигательного аппарата (14,3%), кожи и подкожной клетчатки (3,8%), специфическими женскими видами патологии (7,5%). В отрасли животноводства в сравнении со средними значениями по АПК возрастает число заболеваний органов дыхания (40%), болезней кожи и подкожной клетчатки (4,6%), почти втрое специфических женских патологий (18,5%), снижается частота сердечнососудистых заболеваний (4,6%) и болезней опорно-двигательного аппарата (13,7%) [97].

Наибольшая длительность нетрудоспособности выявлена при болезнях органов дыхания (23,1%), опорно-двигательного аппарата (14,8%), сердечнососудистой системы (8,9%) и женских патологий (8,5%) [23, 42].

Анализируя вышеизложенное, можно заключить, что заболеваемость работников АПК в настоящее время остается на достаточно высоком уровне. В животноводческой отрасли преобладают заболевания органов дыхания и опорно-двигательного аппарата, причиной которых является дискомфортный микроклимат [23, 42, 134].

Производственно-обусловленное заболевание с временной утратой трудоспособности при неблагоприятных условиях труда приводит к потере рабочего времени, снижению производительности труда и эффективности производства [2, 4, 13, 20, 21, 24].

Тяжелый физический труд, свойственный практически всем ручным операциям в сельском хозяйстве, сопровождается повышенной вентиляцией легких и усилением скорости кровотока, что приводит к увеличению количества вредных веществ, поступающих в организм из внешней среды. Интенсивная физи-

ческая нагрузка может приводить к истощению механизмов адаптации с последующим развитием профессиональных заболеваний [2, 13, 58].

Показатель профессиональной заболеваемости в наибольшей степени зависит от вида этиологического фактора, вызвавшего эту патологию. Для выявления причин производственно-обусловленной и профессиональной заболеваемости необходим тщательный статистический анализ. Представление об удельном весе заболеваний каждой этиологической группы в формировании структуры профессиональной заболеваемости в целом по России дает диаграмма на рисунке 2.1 [4, 13, 20].

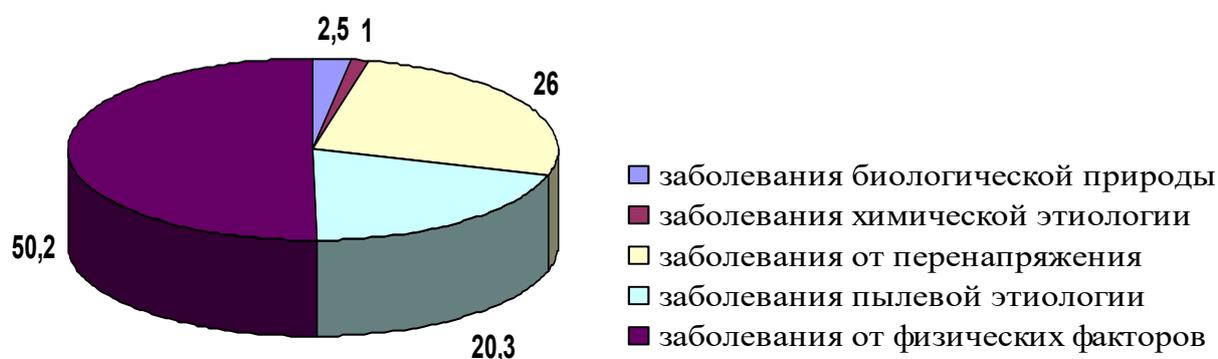


Рисунок 2.1 – Удельный вес отдельных этиологических групп в формировании структуры профессиональной заболеваемости

Из диаграммы видно, что заболевания от действия физических факторов составляют 50,2 %, от перенапряжения 26 %, от пылевых нагрузок 20,3 %, от биологических факторов 2,5 %, от химических факторов 1,0 %. Важными факторами, участвующими в формировании структуры профессиональной заболеваемости, являются обстоятельства и условия возникновения заболевания: несовершенство технологических процессов (40,43 %), конструктивные недостатки машин (31,91 %), несовершенство рабочих мест (6,38 %), несовершенство санитарно-технических установок (2,13 %), несовершенство индивидуальной защиты (2,13 %) [4, 5, 13].

Заболеваемость в АПК в 71,2-81,5% случаев формируется ограниченной группой болезней органов дыхания (36,6 %), сердечнососудистой системы (7

%), опорно-двигательного аппарата (14,3 %), кожи и подкожной клетчатки (3,8 %), специфических женских видов патологии (7,5 %).

В отрасли растениеводства, в сравнении со средними значениями по АПК, число заболеваний органов дыхания (бронхит, трахеит, бронхиальная астма, пневмония и др.) составляет 60 %, болезней кожи и подкожной клетчатки (инфекции кожи и подкожной клетчатки, дерматит и экзема, крапивница и эритема и др.) – 30 %, сердечнососудистых заболеваний - 5,4 % и болезней опорно-двигательного аппарата - 4,6 %. Наибольшая длительность нетрудоспособности выявлена при болезнях органов дыхания, болезнях кожи и подкожной клетчатки [13. 24].

При формировании профессиональной патологии имеет значение продолжительность контакта работника с вредным фактором. Большая часть заболеваний любой этиологии развивается после 20 лет работы во вредных условиях. Самая многочисленная возрастная группа заболевших от 40 до 60 лет (36 %). Удельный вес женщин, из общего числа заболевших, составляет 35 %.

Обобщая вышеизложенное можно заключить, что наибольшее влияние на формирование профессиональных заболеваний в сельском хозяйстве оказывают физические факторы и перенапряжение отдельных органов и систем, а также пылевые нагрузки, что требует постоянного улучшения условий и механизации труда.

2.2 Биологическая опасность как фактор риска

Многие авторы считают, что приготовление компоста – экологически чистый процесс, позволяющий, с одной стороны, утилизировать отходы, а с другой – получить органическое удобрение [23, 26, 29, 53].

Специалисты в области компостирования отходов часто не осведомлены о гигиенических критериях компостирования, в результате чего могут иметь место несчастные случаи и профзаболевания. Поэтому необходимо учитывать риски, характерные при компостировании. Эти риски достаточно полно описаны Марфениной О.Е., Шаландой А.В., Ивановым А.Е., Покровской С.Ф.

Приоритетными в списке профессиональных вредностей при компостировании выступают патогенные, аллергенные микроорганизмы и микробные токсины. Вторая опасность связана с развитием мезо- и термофильных, термотолерантных грибов и актиномицетов, которые играют важную роль в деградации биологических отходов. Среди этих микроорганизмов обнаруживаются возбудители инфекционных, аллергических заболеваний.

Практически все органические отходы содержат патогенные организмы. В результате эпидемиологических и экспериментальных исследований установлено, что в ходе приготовления компостов могут развиваться потенциально патогенные плесени. Была установлена четкая связь развития атипического аллергического ринита, конъюнктивита и бронхиальной астмы при контакте со спорами грибов [55, 57, 58].

Количество и частота появления некоторых медицински значимых грибов, как правило, выше в вермикомпостах, нежели в обычных компостах. Наибольшая обсемененность среды отмечена для вермикомпоста на основе птичьего помета [55, 57, 58].

На сегодняшний день в связи с удорожанием минеральных удобрений все больше граждан занимается компостированием отходов в небольших масштабах – в приусадебных и фермерских хозяйствах. Но точные дозы аллергенных, патогенных микроорганизмов и токсинов, оказывающие вредные эффекты на здоровье, как у здоровых, так и у чувствительных индивидов, нормативными документами не установлены [55, 57, 58].

Таким образом, компостирование – сложный комплексный биологический процесс, требующий дополнительных исследований для эффективного контроля параметров, играющих важную роль в оптимальной деградации отходов, гигиенизации и созревании компостов, а также мер, исключаящих опасность воздействия на человека патогенной микрофлоры.

Главная проблема – это возможность заражения растений болезнями, возбудители которых сохранились в удобрении.

Такие заболевания как черная ножка, мучнистая роса, фитофтороз и другие грибковые поражения могут перейти на молодую рассаду с плохо приго-

товленного компоста. В него же патогенные микроорганизмы попадают с больных растений и сорняков, которые были сложены в компостную яму.

В последние годы широкую популярность приобрело приготовление различных экологически чистых компостов. Возникло целое направление органического земледелия – organic farm. Его приверженцы активно используют компосты в фермерских хозяйствах, стараясь обходиться без минеральных удобрений и пестицидов. В европейских странах для получения компостов широко внедряются общие для населения способы сбора и переработки бытовых органических субстратов. Для этого используют, как правило, специальные емкости, заготовки собирают централизованно, а сам процесс стараются контролировать. Увлечение компостами возникло и у нас в годы Перестройки. Идея экологического земледелия воодушевила многих. Однако практически нигде она не осуществлялась профессионально, и уж, тем более, под специальным контролем.

Бытует мнение, что изготовление компоста – экологически чистый процесс, позволяющий, с одной стороны, утилизировать отходы, а с другой – получить органическое удобрение. Но так ли он безопасен, особенно для людей, занятых в его производстве?

Специалисты в области компостирования отходов часто не осведомлены о гигиенических критериях компостирования. В результате этого могут иметь место несчастные случаи, которые будут способствовать неприятию компостирования как такового. Поэтому необходимо пролить свет на риски, которые могут иметь место при компостировании.

Методология оценки риска воздействия вредных факторов окружающей среды на здоровье населения (RISK ASSESSMENT) является новым, относительно молодым, но интенсивно развиваемым во всем мире междисциплинарным научным направлением. Эта методология начала использоваться в США с 80-х годов прошлого столетия. На сегодняшний день она широко применяется в большинстве развитых стран мира и рекомендована Всемирной Организацией Здравоохранения в качестве ведущего инструмента при определении количественного ущерба для здоровья от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды.

Сегодня можно с уверенностью говорить о том, что обращение с отходами с использованием любой технологии сопряжено с множеством рисков, присущих опасным объектам. Эти риски достаточно хорошо описаны А.К. Panikkar, S.J. Riley, S.P. Shrestha (2004), О.Е. Марфениной (2002) и группой авторов в рамках международного проекта “Composting of organic wastes, optimization of the thermogenic phase to overcome the hygienic and public health hazards”, финансируемого Swiss National Science Foundation.

Приоритетными в списке профессиональных вредностей при компостировании выступают патогенные и аллергенные микроорганизмы, микробные токсины. Источниками этих опасностей служат обычные патогены фекального происхождения (бактерии, вирусы, цисты и яйца кишечных паразитов). Вторая опасность связана с развитием мезо- и термофильных/термотолерантных грибов и актиномицетов, которые играют важную роль в деградации отходов. Среди этих микроорганизмов обнаруживаются возбудители инфекционных, аллергических заболеваний.

Большинство органических отходов содержат патогенные организмы. Компостируемый материал не является для патогенных микроорганизмов естественной средой обитания, и они постепенно элиминируют из таких систем в результате действия высоких температур, конкуренции за источники питания, продуктов микробного метаболизма. Известны результаты эксперимента со спорами сибирской язвы, способными сохраняться в почве до 100 лет. По данным Knoll К.Н. (1964), при влажности 40-60% и при аэробном разложении бациллы сибирской язвы в компосте погибали уже через 17 дней.

Компостирование – это микробиологический процесс, в который поочередно включаются различные группы микроорганизмов. И в медицине, и в микологии возникла целая группа болезней, вызываемых грибами, представляющими медицинский интерес (*fungi of medical interest*). Речь идет о потенциально патогенных грибах и грибах-аллергенах. К первым относят грибы, которые могут вызывать микозы человека, но одновременно развиваются и сохраняются во внешней среде. Из-за таких лабильных свойств их часто называют оппортуни-

стическими. В первую очередь это почвообитающие грибы: *Absidia corymbifera*, *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *A. terreus*, *Acremonium kiliense*, *Chrysosporium keratinophilum*, *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *F. verticilloides*, *Paecilomyces variotii*, *Scopulariopsis brevicaulis* и др. Иммунная система в норме справляется со спорами вредных плесеней, которые попадают в организм человека через дыхательную, пищеварительную или половую системы. Но при иммунодефиците эти так называемые оппортунистические грибы становятся серьезным этиологическим фактором. Сегодня глубокие микозы – одна из наиболее распространенных причин смерти ВИЧ-инфицированных больных.

В результате эпидемиологических и экспериментальных исследований установлено, что в ходе изготовления компостов могут развиваться потенциально патогенные плесени. Это приводит к весьма неблагоприятным последствиям, особенно для людей, занятых в производстве. Была установлена четкая связь развития атипического аллергического ринита, конъюнктивита и бронхиальной астмы при контакте со спорами грибов. Грибы, являющиеся основными “поставщиками” спор во внешнюю среду, находятся в воздухе изолированно или на частицах растительного и животного происхождения в виде так называемого биоаэрозоля. Первичными этиологическими агентами при этом оказываются тёмноокрашенные виды из родов *Alternaria*, *Bipolaris*, *Cladosporium*, *Curvularia*, *Nodulosporium*, а также *Aspergillus*, *Chrysosporium*, *Fusarium*, *Mucor*.

Несмотря на повсеместное распространение одного из направлений компостирования – вермикомпостирования, очень мало известно о рисках здоровью, связанных с ростом грибов в вермикомпостах. Было обнаружено, что сообщество микроскопических грибов в вермикомпосте отличается в некоторых аспектах от подобных сообществ в обычных компостах, а именно: их разнообразием, видовым составом, изобилием. Обычные компосты отличались большим видовым разнообразием микроскопических грибов. Эти отличия отчетливо наблюдались на последних стадиях процесса компостирования. обеднение видового состава было связано с уменьшением количества редких видов микроскопических грибов. Важно, что количество и частота появления некоторых

медицински значимых грибов, как правило, в некоторой степени были выше в вермикомпостах, нежели в обычных компостах. Эта тенденция была отмечена для родов *Aspergillus* (*A.fumigatus*, *A.niger*, *A.flavus*), *Fusarium* (*F.oxysporum*, *F.moniliforme*), *Chrysosporium* spp. Наибольшая обсемененность среды отмечена для вермикомпоста на основе птичьего помета.

Следует уделить внимание высокой вероятности формирования специфического сообщества микроскопических грибов вермикомпоста. Сообщества микроскопических грибов вермикомпостов часто включают виды родов *Aspergillus*, *Fusarium*, *Chrysosporium*, являющихся объектом внимания медицины. Наличие проблемных плесеней должно стать объектом микологического контроля вермикомпостов в ходе компостирования (особенно в течение активной фазы компостирования), в готовом компосте и в окружающей среде.

Следовательно, компостирование в промышленных масштабах должно стать объектом службы профессиональной безопасности из-за аэрозолей, содержащих аллергенные, патогенные микроорганизмы и токсины. Промышленное компостирование должно быть контролируемым процессом, ведущим к оптимальной гигиенизации, то есть элиминации аллергенных и патогенных микроорганизмов, и деградации биоотходов.

Объединение исследовательских институтов, агентств и предприятий, занимающихся компостированием, должно привести к учреждению «хорошей практики компостирования». Информация о возможных профессиональных рисках для рабочих, занятых компостированием, должна быть доступной не только для медицинских работников, но и для тех, кто работает с органическими отходами.

1. На сегодня не установлены точные дозы аллергенных/патогенных микроорганизмов и токсинов, оказывающие вредные эффекты на здоровье, как у здоровых, так и у чувствительных индивидов. Для установления влияния избыточных концентраций аллергенов/патогенов на здоровье рабочих, занимающихся компостированием, необходимы дополнительные долговременные эпидемиологические исследования процесса компостирования в промышленных масштабах.

2. Все больше граждан занимается компостированием отходов в небольших масштабах. Поскольку эти системы ведутся экстенсивным способом, гигиеническая обработка компостов высокими температурами не всегда может быть гарантирована. Необходим гигиенический контроль таких систем.

3. Компостирование – сложный комплексный биологический процесс. Требуются дополнительные исследования для эффективного контроля параметров (аэрация, ворошение и др.), играющих важную роль в оптимальной деградации отходов, гигиенизации и созревании компостов.

Объединение исследовательских институтов, агентств и предприятий, занимающихся компостированием, должно привести к учреждению «хорошей практики компостирования». Информация о возможных профессиональных рисках для рабочих, занятых компостированием, должна быть доступной не только для медицинских работников, но и для тех, кто работает с органическими отходами.

В России приняты следующие санитарно-гигиенические требования к производству компостов:

1. Санитарно-гигиенические параметры условий труда должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», СП 1.2.1170-02 «Гигиенические требования к безопасности агрохимикатов» и СанПиН 1.2.1330-03 «Гигиенические требования к производству пестицидов и агрохимикатов».

2. Производственное оборудование технологического процесса должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности» и СП 2.2.2.1327-03 «Гигиена труда. Технологические процессы, материалы и оборудование, рабочий инструмент гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту».

3. Все работы, связанные с погрузкой, разгрузкой и фасовкой сухих продуктов, в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.3684-21 «Санитарно-

эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий» должны проходить в помещениях с приточно-вытяжной вентиляцией. Вентиляционная система помещений должна обеспечивать тепло-влажностные параметры в пределах нормативных требований для данного производства. Контроль над содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны должен проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

4. При работе с компостами следует соблюдать правила личной гигиены, работать в спецодежде, в перчатках (хлопчатобумажные, резиновые). Все работы по производству и расфасовке компостов выполняют в специальной одежде, с использованием респиратора согласно «Типовым отраслевым нормам бесплатной выдачи спецодежды, спецобуви и предохранительных приспособлений». Средства защиты должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.011-89 «ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация». Стирка спецодежды осуществляется по мере ее загрязнения.

5. Лица, занятые в производстве компостов, должны соблюдать правила личной гигиены и в обязательном порядке проходить периодические медицинские осмотры в соответствии с Приказом Минздрава России от 14.03.96 № 90 и ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

6. Во всех производственных помещениях и на рабочих местах должна быть аптечка первой доврачебной помощи.

7. При хранении и транспортировке компостов следует соблюдать все требования и меры предосторожности согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» и Санитарным правилам 1.2.1170-02 «Гигиенические требования к безопасности агрохимикатов».

Для разработки конкретных рекомендаций по управлению отходами и компостами и по контролю их гигиенических и агрономических свойств необходимы дальнейшие совместные исследования инженеров, микробиологов, аллергологов, эпидемиологов и специалистов в сфере компостирования.

Прежде всего, компост должен производиться с помощью микробного процесса, в котором компостируемые материалы сочетаются с начальным соотношением C:N (углерод:азот) в пределах от 25:1 до 40:1. Это означает, что углерода (из целлюлозы, например) должно быть в 25-40 раз больше, чем азота (например, растительный белок и прочие соединения азота в растениях). Как это понимать для растительных остатков из огорода? Например, для желтой соломы зерновых это соотношение колеблется в пределах 40-80:1 - здесь явная нехватка азота, как и в опавших листьях, а вот для соломы бобовых (гороха, например) - 20-40:1 - идеально для компостирования. В стружке и опилках - 400:1 - считайте, азота вовсе нет, а вот в скошенной злаковой траве (газон) - 20:1 - азота многовато. Еще больше азота в зеленой массе бобовых - примерно 12:1. Примерно посередине находится ботва овощных растений, смеси различных сорняков и зеленые части растений цветочных растений - около 15:1. По этой причине при компостировании очень полезно сочетать желтую органику (солому, опилки, листву) с зеленой органикой (ботва, сено). И уж совсем недопустимо сдабривать зеленую органику мочевиной, селитрой, пометом, навозом и прочими источниками азота. Он будет, особенно при горении, превращаться в аммиак, улетучиваться и вонять, но это еще пол беды. Беда в том, что аммиак будет убивать чувствительные к нему полезные микроорганизмы, открывая путь к развитию всевозможных патогенов. Поэтому можно сколько угодно бездумно радоваться быстрому "горению" компоста и ускоренному его получению, но все это, как оказывается, очень плохо сказывается и на плодородии компоста, и на нашем здоровье.

Другой важный фактор безопасного компоста - это воздушный режим его приготовления. Аэробный компост (с переворачиванием) теряет более 60 % своей пользы в виде всевозможных газов, образующихся в процессе микробно-

го разложения. Впрочем, о правильном и безопасном компосте продолжим разговор во второй части этого материала.

2.3 Терморегуляция и реакции организма человека на микроклиматические факторы

2.3.1 Физическая и химическая терморегуляция

В понятие микроклимат входят параметры окружающей среды: температура, влажность и скорость воздушного потока, существенно влияющие на организм человека. Надежной защитой от негативного влияния микроклиматических условий является кожный покров человека. Масса кожного покрова составляет в среднем около 20% от массы тела. При оптимальных условиях среды, кожный покров выделяет за сутки до 650г влаги и 10г углекислого газа. При критических ситуациях за час организм только через кожный покров может выделить от 1 до 3,5л воды и значительное количество солей [11, 49].

Центральная нервная система человека для обеспечения жизнедеятельности имеет механизмы, которые до определенного предела снижают влияние вредных и опасных факторов окружающей среды. Этой проблеме посвящены научные труды отечественных физиологов Павлова И.П. и Сеченова И.М., а также отечественных гигиенистов Эрисмана Ф.Ф., Доброславина А.П. и др. [70].

Человеческий организм имеет возможность при помощи механизма терморегулирования поддерживать постоянную температуру тела. Терморегуляция - это способность организма регулировать теплообмен с окружающей средой, поддерживая температуру тела на постоянном уровне ($36,6 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$). Механизмы регулирования температуры человеческого организма разделяют на процессы химической регуляции, связанные с теплопродукцией, и процессы физической регуляции, связанные с теплоотдачей. Оба механизма управляются нервной системой [3, 24].

Химическая терморегуляция происходит в тех случаях, когда физическая терморегуляция не обеспечивает тепловой баланс. Химическая терморегуляция заключается в изменении скорости протекания окислительно-

восстановительных реакций в организме: скорости сжигания питательных веществ и, соответственно, выделяемой энергии [11].

При комфортных условиях количество вырабатываемой теплоты в единицу времени равняется количеству теплоты, отдаваемой в окружающую среду, т.е. наступает равновесие - тепловой баланс организма.

Неблагоприятные условия могут вызывать перенапряжение механизма терморегуляции, что ведет к перегреву или переохлаждению организма.

Обобщая вышеизложенное, можно заключить, что терморегуляция организма человека связана с микроклиматическими условиями окружающей среды, отвечая на их изменение теми или иными реакциями.

2.3.2 Реакция организма человека на микроклиматические факторы

Существенную роль на жизнедеятельность человека оказывают температура и влажность воздуха.

К распространенному явлению, возникающему при работе в условиях низких температур, относится спазм сосудов, который характеризуется побелением кожи, потерей чувствительности, затруднением движений. В первую очередь подвержены этому процессу пальцы рук и ног, кончики ушей. В этих местах появляются припухлость с синеватым оттенком, зуд и жжение. Подобные явления долго не исчезают и повторно происходят даже при незначительном охлаждении. Переохлаждение снижает защитные силы организма, предрасполагает к заболеваниям органов дыхания, в первую очередь к острым респираторным заболеваниям, обострениям суставного и мышечного ревматизма, появлению крестцово-поясничного радикулита [3].

В особо тяжелых случаях воздействие низких температур приводит к обмороживанию, и даже к смерти.

При низкой температуре в организме наблюдается сужение сосудов, повышение обмена веществ, использование углеводных ресурсов и др. В зависимости от действия теплоты или холода значительно меняется просвет периферических сосудов. В связи с этим изменяется кровообращение: например, для

кисти и предплечья при низкой температуре окружающей среды оно может уменьшиться в 4 раза, а при высокой температуре - увеличиться в 5 раз. При воздействии холода циркуляция крови перераспределяется, активизируется мышечная деятельность - появляется дрожь, «гусиная кожа».

При температуре воздуха более 30°C и значительном тепловом излучении от нагретых поверхностей оборудования наступает перегрев организма, наблюдается нарастающая слабость, головная боль, шум в ушах, искажение цветового восприятия, возможен тепловой удар. Сосуды кожи резко расширяются, кожа розовеет за счет увеличения притока крови. В дальнейшем усиливается рефлекторная работа потовых желез, и влага выделяется из организма. При испарении 1 литра воды выделяется 26,6 Вт тепловой энергии. При высоких температурах происходит большая нагрузка на сердечно-сосудистую систему. При перегреве увеличивается, а затем уменьшается выделение желудочного сока, поэтому возможны заболевания желудочно-кишечного тракта. Обильное выделение пота снижает кислотный барьер кожи, от чего возникают гнойничковые заболевания. Высокая температура внешней среды усиливает степень отравлений при работе с химическими веществами [3].

Влажность более 80% нарушает процессы физической терморегуляции. Физиологически оптимальной является относительная влажность 40-60%. Относительная влажность менее 25% приводит к высыханию слизистых оболочек и снижению защитной деятельности мерцательного эпителия верхних дыхательных путей, что приводит к ослаблению организма и снижается работоспособность [29].

Человек начинает ощущать движение воздуха при скорости 0,1 м/с. Легкое движение воздуха при обычных температурах способствует хорошему самочувствию. Большая скорость движения воздуха ведет к сильному охлаждению организма. Высокая влажность воздуха и слабое движение воздуха существенно уменьшают испарение влаги с поверхности кожи. Увеличение скорости движения воздуха на 1 м/с соответствует снижению температуры воздуха на 2°C [29].

В целом факторы дискомфорта микроклимата и реакции организма человека на их сочетание можно представить в виде схемы (рисунок 2.2).

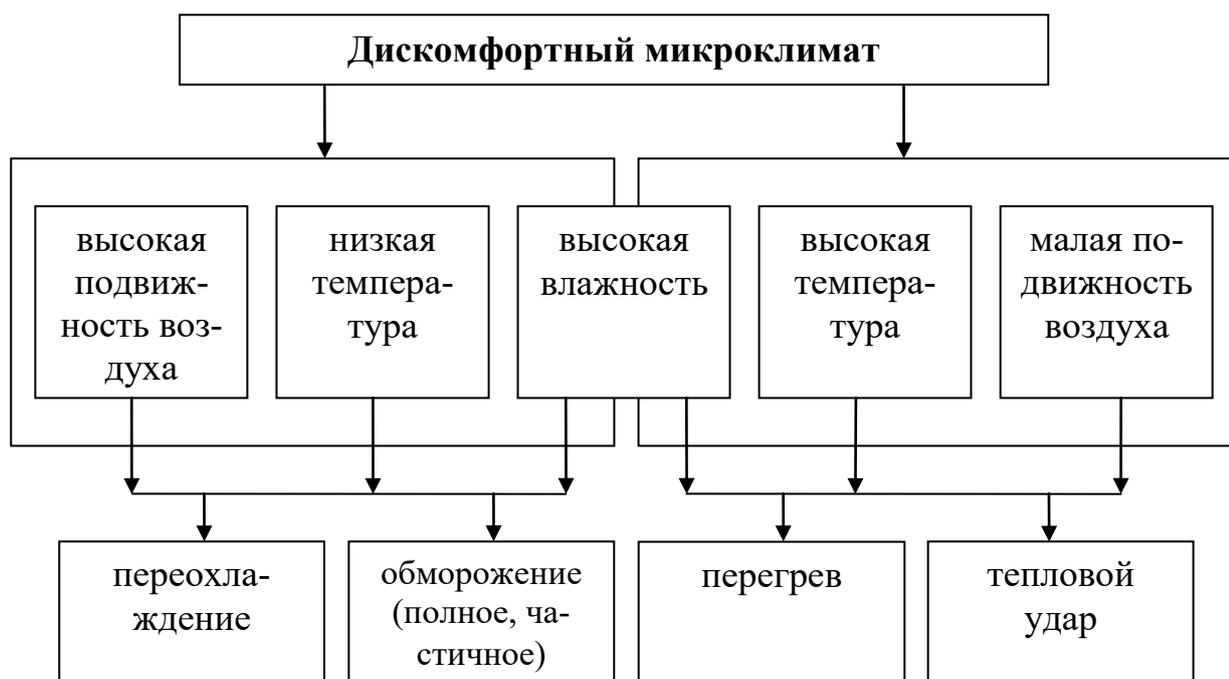


Рисунок 2.2 – Факторы дискомфорта микроклимата

Метеорологические условия определяют возможность ведения или остановки большинства работ на открытом воздухе. Метеорологические условия могут повлиять на производительность труда, их негативное воздействие может привести к накоплению утомления и ослаблению организма и, как следствие, к несчастным случаям на производстве.

Таким образом, неблагоприятные микроклиматические условия могут вызвать перенапряжение механизма терморегуляции человека, способствовать развитию производственно-обусловленных заболеваний, а при работе в течение длительного времени могут привести к развитию профессиональных заболеваний.

2.3.3 Результаты исследования заболеваемости

Жизнедеятельность человека нормально протекает при условии сохранения температурного гомеостаза, который обеспечивается механизмами терморегуляции и деятельностью различных систем организма, участвующих в ней – сердечнососудистой, дыхательной, выделительной, эндокринной; энергетического, водно-солевого и белкового обменов [58].

При нормальных условиях внешней среды и при установившемся дина-

мическом равновесии процесса терморегуляции колебания температуры тела (ректальной) находится в пределах $37,2 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Температура кожи наиболее тесно связана с теплоощущениями человека и может служить показателем степени его охлаждения [29].

При воздействии низкой температуры в организме человека развиваются сложные защитные и адаптационные реакции, позволяющие в течение некоторого времени сохранять нормальную температуру тела. Если работник практически полный рабочий день находится в условиях низких температур, то истощается система, отвечающая за адаптацию, и температура тела начинает снижаться [58].

При хронической холодовой травме происходят необратимые процессы в организме человека, отмечается обострение уже имеющихся хронических заболеваний [58].

Воздействие даже умеренного холода на организм человека могут возникать очень тяжелые повреждения [4].

Получение и обработка анкетных данных методом ранговой корреляции проводилось в несколько этапов.

Первый этап – сбор мнений работников путем анкетного опроса. Для оценки влияния неблагоприятных факторов, снижающих работоспособность и наносящих вред здоровью работников выбраны дискомфортные температура X_1 , влажность X_2 , давление X_4 , повышенные уровни шума и вибрации X_3 , недостаточная освещенность X_5 .

Оценка значимости данных параметров модели проводится методом ранговой корреляции. Каждый фактор имеет ряд градаций (рангов): если он наиболее значим - ему присваивается ранг 1, менее значимый – ранг 5.

Второй этап – составление сводной матрицы рангов на основе данных анкетного опроса (таблица 2.1).

Таблица 2.1 - Матрица ранжирования

Параметры (вредные факторы)	Опрашиваемые работники									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Экстремальные температуры (X_1)	4	2	2	3	3	3	1	1	1	1
Экстремальная влажность (X_2)	1	2	3	4	1	4	3	1	2	2
Шум и вибрация (X_3)	4	3	3	2	3	2	3	3	3	2
Повышенное давление (X_4)	1	4	2	1	1	3	2	2	4	3
Недостаточная освещенность (X_5)	4	1	5	4	5	3	4	3	5	4

Так как в матрице имеются связанные ранги, необходимо произвести их перестроение (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Перестроение рангов

Показатели	Расположение рангов в упорядоченном ряду				
	1	2	3	4	5
Работник 1	1	1	4	4	4
Расположение факторов по оценке опрашиваемого работника	X_2	X_4	X_1	X_3	X_5
Новые ранги	1,5	1,5	4	4	4
Работник 2	1	2	2	3	4
Расположение факторов по оценке опрашиваемого работника	X_5	X_1	X_2	X_3	X_4
Новые ранги	1	2,5	2,5	4	5
Работник 3	2	2	3	3	5
Расположение факторов по оценке опрашиваемого работника	X_1	X_4	X_2	X_3	X_5
Новые ранги	2	2	3	3	5
Работник 4	1	2	3	4	4

Продолжение таблицы 2.2

Расположение факторов по оценке опрашиваемого работника	X ₄	X ₃	X ₁	X ₂	X ₅
Новые ранги	1	2	3	4,5	4,5
Работник 5	1	1	3	3	5
Расположение факторов по оценке опрашиваемого работника	X ₂	X ₄	X ₁	X ₃	X ₅
Новые ранги	1,5	1,5	3,5	3,5	5
Работник 6	2	3	3	3	4
Расположение факторов по оценке опрашиваемого работника	X ₃	X ₁	X ₄	X ₅	X ₂
Новые ранги	2	3	3	3	4
Работник 7	1	2	3	3	4
Расположение факторов по оценке опрашиваемого работника	X ₁	X ₄	X ₂	X ₃	X ₅
Новые ранги	1	2	3,5	3,5	5
Работник 8	1	1	2	3	3
Расположение факторов по оценке опрашиваемого работника	X ₁	X ₂	X ₄	X ₃	X ₅
Новые ранги	1,5	1,5	3	4,5	4,5
Работник 9	1	2	3	4	5
Расположение факторов по оценке опрашиваемого работника	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
Новые ранги	1	2	3	4	5
Работник 10	1	2	2	3	4
Расположение факторов по оценке опрашиваемого работника	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅
Новые ранги	1	2,5	2,5	4	5

Учитывая значения переформированных рангов, составляем новую матрицу рангов (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Уточненная матрица рангов

Неблагоприятные факторы	Опрашиваемые работники предприятия										Сумма рангов $\sum_{i=1}^m X_i$	D	D ²
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Дискомфортная температура (X ₁)	4	2,5	2	3	3,5	3	1	1,5	1	1	22,5	-7,5	56,25
Дискомфортная влажность (X ₂)	1,5	2,5	3	4,5	1,5	4	3,5	1,5	2	2,5	26,5	-3,5	12,25
Повышенный уровень шума и вибрации (X ₃)	4	4	3	2	3,5	2	3,5	4,5	3	2,5	32	2	4
Повышенное давление (X ₄)	1,5	5	2	1	1,5	3	2	3	4	4	27	-3	9
Недостаточная освещенность (X ₅)	4	1	5	4,5	5	3	5	4,5	5	5	42	12	144
Сумма $\sum_{j=1}^n X_j$	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	150	0	S=225,5

Показатели рейтинговой оценки D_j определялись по формуле

$$D_j = \sum_{i=1}^m X_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m X_{ij}}{n} \quad (2.1)$$

$$S = \sum_{j=1}^n D_j^2 \quad (2.2)$$

где m – число опрашиваемых работников предприятия;

n – число неблагоприятных факторов;

S – сумма квадратов отклонений суммы рангов каждого фактора от среднеарифметического ранга;

X_{ij} – ранг j -го фактора у i -го работника.

Проверка правильности составления матрицы на основе исчисления контрольной суммы

$$\sum_{j=1}^n X_j = \frac{(1+n) \cdot n}{2} = \frac{(1+5) \cdot 5}{2} = 15 \quad (2.3)$$

Суммы всех столбцов матрицы равны между собой и контрольной сумме, следовательно, матрица составлена правильно.

Третий этап – анализ значимости исследуемых факторов. Согласно условиям ранжирования, факторы с наименьшей суммой рангов имеет наибольшее значение, а фактор с наибольшей суммой рангов оценивается как наименее важный.

Распределение факторов по значимости приобретает вид, представленный в таблица 2.4.

Таблица 2.4 - Распределение факторов по значимости

Неблагоприятные факторы	Сумма рангов
Дискомфортная температура (X_1)	22,5
Дискомфортная влажность (X_2)	26,5
Повышенное давление (X_4)	27
Повышенный уровень шума и вибрации (X_3)	32
Недостаточная освещенность (X_5)	42

Графическая интерпретация распределения сумм рангов представлена на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 - Распределение сумм рангов

Из графика распределения сумм рангов видно, что, чем ближе значения сумм рангов к прямой линии, тем более согласовано мнение работников (факторы X_1, X_2).

Полученные оценки факторов можно считать достаточно надежными только при условии хорошей согласованности работников, для чего производится обобщение мнений опрашиваемых работников (оценка средней согласованности мнений) путем вычисления коэффициента конкордации W (формула 4.4). Коэффициент конкордации может принимать значения от 0 (при отсутствии согласованности) до 1 (при полной согласованности мнений).

Поскольку в матрице имеются связанные ранги, то коэффициент конкордации W рассчитывается по формуле 3.4, при этом по формуле 3.7 $\sum_{i=1}^m T_i = 9,5$, тогда

$$W = \frac{225,5}{\frac{1}{12} 10^2 (5^3 - 5) - 20 \cdot 9,5} = 0,25$$

Значение $W = 0,25$ говорит о наличии определенной степени согласованности мнений работников. Существенность значения коэффициента конкорда-

ции устанавливают с помощью критерия χ^2 (распределение Пирсона), который вычисляется по следующей формуле 3.8 (при наличии связанных рангов).

Значение χ^2 сравнивают с его табличным значением для соответствующего числа степеней свободы $k = n-1$ (числа данных факторов из выборки, значения которых могут быть случайными) и при заданном уровне достоверности $p=0,05$ (надежность 95%). По таблице критических точек распределения Пирсона по уровню значимости $p = 0,05$ и числу степеней свободы $k = 5-1 = 4$ находим критическую точку $\chi^2_{\text{табл}}(0,05;4) = 9,49$.

При $\chi^2_{\text{расч.}} > \chi^2_{\text{табл.}}$ степень согласия между работниками не вызывает сомнения

$$\chi^2 = \frac{225,5}{\frac{1}{12} \cdot 10 \cdot 5 \cdot (5+1) - \frac{1}{5-1} \cdot 9,5} = 9,96$$

Таким образом, $\chi^2_{\text{расч.}} = 9,96$. При $\chi^2_{\text{расч.}} > \chi^2_{\text{табл.}}$ степень согласия между экспертами не вызывает сомнения. Так как $\chi^2_{\text{расч.}} = 9,96 > \chi^2_{\text{табл.}} = 9,49$, то значение $W = 0,25$ есть величина, которая действительно характеризует наличие определенной степени согласованности мнений работников.

В результате проведенного анкетного исследования можно сделать вывод, что значимыми факторами, неблагоприятно влияющими на работоспособность рабочих, являются: дискомфортные температура (X_1) и влажность (X_2), повышенное давление (X_4), повышенный уровень шума и вибрации (X_3), недостаточная освещенность (X_5). Доминирующими являются дискомфортные температуры и относительная влажность воздуха.

2.4 Профессиональные болезни при компостировании

Компост может быть рассадником опасных патогенов не только для растений (читайте во второй части этого материала), но и для человека. Некоторые из них даже убивают или серьезно вредят ничего не подозревающим садоводам. Важно ознакомиться с этими болезнями, некоторыми из которых можно

заразиться дома или при работе с другими органическим удобрениями, такими как навоз, помет или компосты на их основе.

Ниже перечислены некоторые из наиболее распространенных заболеваний, которые могут возникнуть в результате незащищенного контакта с компостом:

Аспергиллез представляет собой грибковую инфекцию легких, которая возникает после вдыхания спор грибка, обычно обнаруживаемого в гниющих растительных материалах. Особенно много таких спор образуется при горячем компостировании с разогревом кучи, ведь опасный Аспергилл дымящий способен с легкостью переносить температуру +70 градусов, а растет и при +50. Хотя обычно аспергиллез не опасен для жизни, он может быть чрезвычайно опасен при вдыхании достаточного большого количества спор. Болезнь убила 47-летнего британца после того, как его окутало облако пыли от компоста, который он намеревался использовать в своем саду. Это происходит и со здоровыми садоводами, что уж говорить о пожилых или ослабленных. Из-за пандемии covid-19 и недавнего увеличения использования иммунодепрессантов для лечения заболеваний человека, в том числе этой вирусной инфекции, аспергиллез становится все большей и большей угрозой. Еще до пандемии Аспергилл дымящий являлся причиной более 600 000 смертей ежегодно, при этом уровень смертности от аспергиллеза составляет от 25 до 90%. Конечно, это не так много, как от автомобильных катастроф (более 1 млн. человек), но очень не хочется, чтобы любимое занятие привело прямоком в гроб из-за простого непонимания или игнорирования опасности.

Симптомы болезни "легкое фермера" напоминают пневмонию и могут быть результатом воздействия на дыхательные пути определенных грибковых и бактериальных патогенов, присутствующих в гниющих органических материалах, таких как мульча, солома, сено и любые растительные остатки. Чаще всего опасными патогенами являются термофильные актиномицеты, которые в большом количестве разводятся при "горении" компоста или мульчи, а также Аспергиллы, но менее агрессивные собратья Аспергилла дымящего.

Рентген пациента с диагнозом инвазивный легочный аспергиллез



Рисунок 2.4 – Развитие аспергиллеза легких

Часто болезнь начинается с одышки, иногда сопровождающейся сухим кашлем. Остерегайтесь пылящих белых пятен на разлагающихся растительных остатках, которые некоторые глупые блогеры принимают за сенную палочку и несут всякий бред в своих блогах по этому поводу. Такие пятна очень часто являются признаком присутствия опасных спор. К счастью, легкое фермера обычно можно лечить антибиотиками и оно редко приводит к фатальным последствиям. Несмотря на это, у разумных людей симпатия к "термофильным микроорганизмам" и некомпетентным блогерам точно должна поостыть.

При этом, актиномицеты чаще всего бывают очень полезными для садоводства. При создании особых условий они превращают компост в настоящий безопасный биоагент по борьбе с болезнями растений. Я обязательно вас всему научу.

Лёгочная аспергиллома представляет собой шаровидное образование из плотного сплетения мицелия, формирующееся в полостях на фоне хронической лёгочной патологии (туберкулёза, саркоидоза, бронхоэктатической болезни и др.). Может протекать бессимптомно и выявляться лишь при рентгенологическом исследовании; возможен повторный кашель с кровохарканьем, иногда вплоть до летального кровотечения [3].

Инвазивный аспергиллёз лёгких обычно протекает остро и быстро прогрессирует, вызывает одышку, кашель, лихорадку, боли в грудной клетке. Возможно распространение инфекционного процесса, как в соседние структуры, так и гематогенно в другие органы [3].

Аспергиллёз с поражением внутренних органов имеет тяжёлое течение, протекая с лихорадкой, ознобом, возможно развитие шока, делирия, тромбозов. Имеется риск развития почечной и печёночной недостаточности, нарушений дыхания.

Аспергиллёз наружного слухового прохода (отомикоз) вызывает зуд и, иногда, болевые ощущения. Жидкость, вытекающая из уха ночью, может оставлять влажные пятна на подушке. Аспергиллома околоносовых пазух вызывает чувство заложенности и тупые боли, при инвазивной форме развиваются лихорадка, изъязвление и некроз слизистой с носовыми кровотечениями [3].

В дополнение к клинической картине, рентгенография или КТ области интереса могут подсказать верный диагноз. Окончательно диагноз подтверждается лабораторным исследованием инфицированного материала.

Гистоплазмоз вызывается грибом, который обитает в птичьем помете. Здоровая иммунная система обычно может бороться с гистоплазмозом, хотя инфекция может стать гораздо серьезнее, если вдыхается большое количество токсина или если у инфицированного человека ослаблена иммунная система. Обычно инфекция затрагивает легкие, сопровождается кашлем и другими неприятными симптомами. Остерегайтесь компоста, в который был добавлен птичий помёт для ускорения разложения или повышения питательной ценности компоста. Опасность также представляет и почва, удобренная неправильно подготовленным компостом (без выбраживания в воде).

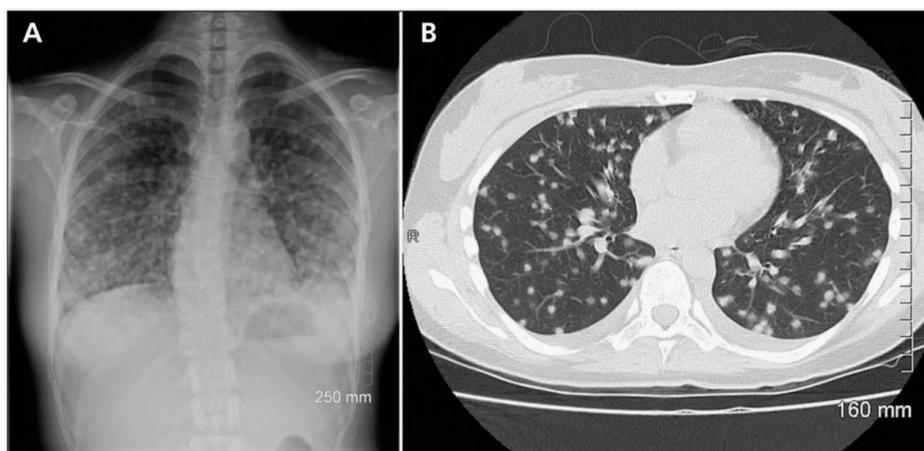


Рисунок 2.5 - Гистоплазмоз легких

H. capsulatum растёт в почве или другом субстрате, загрязнённом помётом птиц или летучих мышей (гуано). Грибок был найден в помёте домашних птиц, пещерах, областях обитания летучих мышей и в местах отдыха птиц (особенно скворцов). Грибок обладает термическим диморфизмом: во внешней среде он растёт в виде коричневого мицелия, а при температуре тела (37 °С в организме человека) принимает форму дрожжей. При вдыхании споры гриба попадают в альвеолы лёгких и после поглощения макрофагами прорастают, превращаясь в дрожжевидные клетки. Гистоплазмоз не передаётся от человека к человеку, заражение происходит при вдыхании спор с почвы или помёта.

Чаще всего встречается острый гистоплазмоз лёгких, вызываемый аэрогенным инфицированием. Острые формы лёгочного гистоплазмоза могут протекать бессимптомно и обнаруживаться лишь по результатам кожного теста с гистоплазмином, по положительным результатам серологических реакций, иногда по петрификатам в лёгких и прикорневых лимфатических узлах. При лёгких формах, которые преобладают, самочувствие больных остаётся хорошим, нередко они продолжают работать, лихорадка отсутствует или бывает кратковременной (3-4 дня), а общая длительность лечения 2-3 недели. При рентгенологическом исследовании выявляют усиление рисунка и увеличение тени корней лёгких, лишь у отдельных больных наблюдаются мелкоочаговые тени, преимущественно в нижних отделах лёгких.

Тяжелые формы острого гистоплазмоза лёгких характеризуются внезапным началом, быстрым повышением температуры тела до 40-41 °С. Температурная кривая неправильного типа с большим суточным размахом. Потрясающие ознобы сменяются диффузным потоотделением. Больные жалуются на сильную головную боль, слабость, боли в мышцах и костях, кашель, боли в груди. У некоторых больных отмечаются тошнота, рвота, понос, боли в животе. Длительность лихорадки 2-6 недели. В периоде реконвалесценции длительно наблюдается субфебрилитет, астенизация, резкое снижение трудоспособности, потливость. Эти явления сохраняются до 1 года. При перкуссии лёгких можно отметить некоторое укорочение звука, при аускультации – мелкопузырчатые

влажные хрипы, преимущественно в нижних отделах лёгких. Рентгенологически выявляют крупно- и среднеочаговые тени в виде «ватных хлопьев», которые могут сливаться. В дальнейшем инфильтраты полностью исчезают или на их месте образуются очаги фиброза и кальцинации.

При среднетяжёлых формах клинические и рентгенологические проявления выражены не так резко, лихорадка сохраняется около 2 недель, а продолжительность стационарного лечения составляет около месяца.

Острая форма диссеминированного гистоплазмоза проявляется высокой лихорадкой гектического или неправильного типа, повторными ознобами и потоотделением, выраженными симптомами общей интоксикации (головная боль, мышечные и суставные боли, тошнота, рвота, боли в животе, нарастающая слабость). На этом фоне появляются множественные вторичные очаги как результат диссеминации: различного рода экзантемы (макулопапулезная, фурункулоподобная, геморрагическая, типа многоформной или узловатой эритемы), лимфаденопатия, мезаденит, увеличение печени и селезёнки, энцефалит или менингоэнцефалит, септический эндокардит, язвенный колит, перитонит. Клинические и рентгенологические изменения могут напоминать милиарный туберкулёз (при аэрогенном инфицировании).

Легионеллёз (болезнь легионеров) - это респираторная инфекция, вызываемая вдыханием опасных бактерий. Болезнь легионеров проявляется в виде тяжелого воспаления легких, вызванного микроорганизмами, относящимися к роду *Legionella*, как правило, бактерией *Legionella pneumophila*. Бактерия обитает в окружающей среде преимущественно, в резервуарах воды, и особенно в стоячей воде при температуре 25-45 градусов. Для садоводов опасность представляют долго (более 10 дней) не опорожняемые резервуары с дождевой или иной водой, которые также своевременно не моются от осадка, попавшей земли и тому подобных загрязнений. В группе повышенного риска - люди пожилого возраста, как правило, старше 65-и лет, курильщики, люди, страдающие хроническими болезнями легких (например бронхитом), люди с ослабленной иммунной системой, больные диабетом. В компост патоген попадает вместе с загряз-

ненной водой, которая может использоваться для увлажнения компостной кучи. Болезнь лечится при помощи антибиотиков. Часто возникает необходимость госпитализации больного и внутривенного лечения антибиотиками. Однако, фатальные случаи редки.

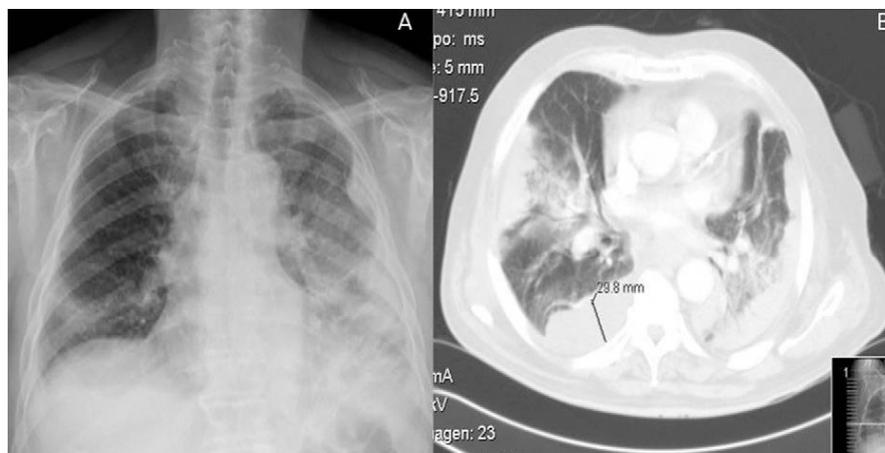


Рисунок 2.6 - Болезнь легионеров

Легионеллёз – инфекционная патология, индуцированная внедрением в организм микроорганизмов рода *Legionella*. По современным данным, около 90 % легионеллёзов связано с видом *L. pneumophila*. Среди других видов легионелл чаще всего заболевание вызывают виды *L. micdadei*, *L. longbeuchae*, *L. dumoffii* и *L. Wozemanii*. Легионеллёзы, вызванные последними бактериями, развиваются, как правило, на фоне иммунодефицитных состояний. Всего для человека патогенны 17 из 41 видов легионелл.

Морфологически легионеллы представляют собой грамотрицательные аэробные палочки, способные длительно сохраняться в окружающей среде. Часто легионеллы имеют заострённые концы. Капсул они не образуют. Иногда палочки могут окрашиваться грамположительно, однако клеточная стенка легионелл имеет типичное грамотрицательное строение. Легионеллы оксидаза- и каталазаположительны, гидролизуют гиппурат натрия и желатин, не восстанавливают нитраты и мочевины. Из углеводов легионеллы гидролизуют только крахмал.

Отмечается хороший рост легионелл в аэробных условиях на средах, обогащённых адсорбентами для поглощения метаболитов. Оптимальная температура

тура для роста бактерий – 35 °С [19], оптимальная кислотность – 6,9. Через 3-5 суток на плотных средах бактерии образуют серые стекловидные колонии с ровными краями. В жидких средах легионеллы растут, обычно, плохо. Также описано выращивание легионелл на куриных эмбрионах.

Патогенность легионелл связана с образованием двух токсинов (цитотоксина и токсина, летального для лабораторных мышей), а также с образованием ряда других белков, липополисахарида и некоторых ферментов, обеспечивающих проникновение возбудителя и его распространение (протеинкиназы, фосфолипазы С и легиолизина).

Паронихия и панариций - это местная инфекция, которая возникает в тканях вокруг ногтей рук и ног. Длительное воздействие влаги (влажные тканевые перчатки, например) и абразивное воздействие частичек почвы могут создавать повреждения на коже, через которые может попасть инфекция, вызывающая боль и пульсацию в воспаленных участках. Органические материалы, такие как компост, являются отличным источником инфекции. Обязательно тщательно мойте руки в процессе работы в саду, следите за царапинами и трещинами, дезинфицируйте их сразу же, как заметили (перекись водорода, спирт или просто мытье рук с хозяйственным мылом). Эти болезни вас не убьют, но могут надолго вывести из строя.



Рисунок 2.7 - Паронихия и панариций

Общими симптомами панариция являются: боль (от очень слабой до очень сильной, пульсирующей, дёргающей, способной лишить сна и покоя), отёчность, гипертермия (чаще всего строго соответствует очагу поражения),

покраснение, головная боль, повышение температуры, озноб. Тяжесть заболевания и скорость распространения инфекции во многом зависит от состояния иммунной системы организма и общего физического состояния человека.

Чаще всего панариций возникает от проникновения в мягкие ткани ладонной поверхности пальца гноеродных микробов (как правило, стафилококков, реже стрептококков, иногда отмечается смешанная патогенная микрофлора).

Проникновение осуществляется через мелкие ранки, уколы, ссадины, царапины, заусенцы, занозы, которые часто остаются даже незамеченными и которым не придаётся должного значения. Очень часто панариций возникает у детей, этому способствует часто пренебрежительное отношение ребёнка к правилам элементарной гигиены, активность, в ходе которой дети постоянно трогают руками различные предметы, повреждая руки и инфицируя их, а также нежная кожа ребёнка, не имеющая таких барьерных свойств, как кожа взрослого человека.

На ладонной поверхности пальца кожа соединена с ладонным апоневрозом плотными сухожильными тяжами. От глубоких слоёв кожи пальцев в глубину идут прочные эластичные волокна, которые с продольными пучками соединительной ткани образуют ячейки наподобие пчелиных сот. Эти ячейки наполнены жировыми комочками. Вследствие этого воспалительный процесс на пальце не может распространяться по плоскости, а быстро направляется по ходу соединительнотканых тяжей вглубь, поражая глубокие ткани и переходя на сухожилия, кости и суставы. Из-за этих же условий воспалительный выпот находится под значительным давлением, что вызывает сильную боль. Кроме того, скопление экссудата в замкнутых полостях между соединительноткаными перемычками приводит к нарушению кровообращения за счёт сдавливания питающих сосудов и развитию некрозов тканей.

Если не принять срочных мер, то нагноение распространится вглубь тканей - к сухожилиям, кости, суставу, что может привести к значительной и даже полной потере функции пальца. В запущенных случаях воспалительный процесс захватывает все ткани пальца, возникает пандактилит (от др.-греч. πᾶς «весь» и

δάκτυλος «палец»). Это самое тяжёлое гнойное поражение пальца кисти. Включает поражение кожи, подкожной клетчатки, сухожильных структур, кости и (или) сустава. В ряде случаев это заболевание может закончиться ампутацией.

Столбняк – это заболевание центральной нервной системы, вызываемое бактериями, которые очень распространены в почве. Кстати, эти бактерии также могут разводиться и в зеленой бродилке. Даже незначительный порез может позволить бактериям попасть в кровоток. Столбняк или tetanus возникает в результате воздействия особых токсинов столбнячной палочки на нервную систему и мышцы с их поражением. Столбняк проявляется в тяжелых судорожных сокращениях поперечнополосатой и гладкой мускулатуры тела с принятием типичных столбнячных поз. Поэтому своевременная прививка против столбняка - самое надежное средство избежать этой болезни.

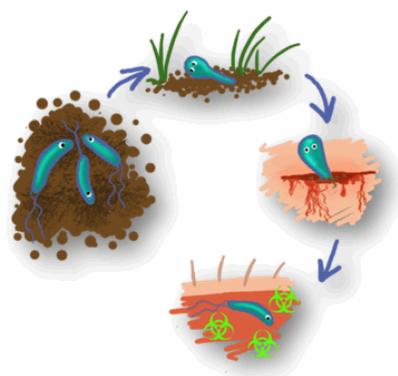


Рисунок 2.8 – Механизм заражения столбняком

Возбудитель столбняка – грамположительная столбнячная палочка (лат. *Clostridium tetani*), являющаяся спорообразующим облигатным анаэробом [3], то есть живущая в бескислородной среде. Это подвижная крупная тонкая палочка с закруглёнными концами длиной 4–8 мкм и шириной 0,3–0,8 мкм, имеющая до 20 длинных жгутиков.

Возбудитель столбняка относится к категории убиквитарных (вездесущих), но вместе с тем условно-патогенных микроорганизмов. Является обычным обитателем кишечника человека и животных, где он живёт и размножается, не причиняя вреда носителю.

Наибольшая обсеменённость столбнячной палочкой наблюдается в сельскохозяйственных районах с достаточной влажностью, где палочка обнаруживается в почвах садов, огородов, пастбищ и других местах, где присутствует загрязнённость фекалиями человека и животных.

В присутствии кислорода и температуре не ниже 5 °С образует споры. Споры устойчивы к внешнему воздействию: выдерживают нагревание до 90 °С в течение 2 часов, при кипячении погибают только через 1–3 часа, в сухом состоянии переносят нагревание до 150 °С, в солёной морской воде живут до 6 месяцев. В испражнениях, почве, на различных предметах сохраняются больше 100 лет.

При отсутствии кислорода, температуре 37 °С и достаточной влажности споры прорастают в малоустойчивую вегетативную форму.

Возбудитель образует столбнячный экзотоксин - один из сильнейших бактериальных ядов, уступающий по силе лишь ботулиническому токсину. Токсин разрушается при нагревании, воздействии солнечного света, щелочной среды. Не всасывается через слизистую оболочку кишечника, безопасен при проглатывании.

Надо помнить, что самыми опасными с точки зрения здоровья являются горячая мульча и горячее компостирование. Кроме того, что они вызывают развитие самой опасной микрофлоры, при неправильном приготовлении "горение" растительных остатков не избавляет компост ни от сорняков, ни от возбудителей болезней растений.

Общий (генерализованный) столбняк

Тризм и *risus sardonicus* у пациента, больного столбняком.

Различают 4 периода болезни: инкубационный, начальный, разгара и выздоровления.

Инкубационный период при столбняке составляет обычно около 8 дней, но может длиться до нескольких месяцев [6,7]. При генерализации процесса, чем более удалён очаг инфекции от ЦНС, тем продолжительнее инкубационный период. Чем короче инкубационный период, тем тяжелее протекает заболевание [8].

Инкубационный период столбняка новорождённых в среднем от 5 до 14 дней, иногда от нескольких часов до 7 дней.

Заболеванию могут предшествовать головная боль, раздражительность, потливость, напряжение и подергивание мышц в районе раны. Непосредственно перед началом болезни отмечаются озноб, бессонница, зевота, боли в горле при глотании, боли в спине, потеря аппетита. Однако инкубационный период может протекать бессимптомно.

Начальный период продолжается до 2 дней. Наиболее ранний симптом – появление тупых тянущих болей в области входных ворот инфекции, где к этому времени может наблюдаться полное заживление раны. Практически одновременно или спустя 1 - 2 дня появляется тризм - напряжение и судорожное сокращение жевательных мышц, что затрудняет открывание рта. В тяжёлых случаях зубы крепко стиснуты и открыть рот невозможно.

Период разгара болезни продолжается в среднем 8 - 12 дней, в тяжёлых случаях до 2 - 3 недель. Его длительность зависит от своевременности обращения к врачу, ранних сроков начала лечения, наличия прививок в период, предшествующий заболеванию.

Развивается тоническое сокращение жевательных мышц (тризм) и судороги мимических мышц, вследствие чего у больного появляется сардоническая улыбка (лат. *risus sardonius*): брови подняты, рот растянут в ширину, углы его опущены, лицо выражает одновременно улыбку и плач. Далее развивается клиническая картина с вовлечением мускулатуры спины и конечностей («опистотонус»).

Возникает затруднение глотания из-за спазма мышц глотки и болезненная ригидность (напряжение) мышц затылка. Ригидность распространяется в нисходящем порядке, захватывая мышцы шеи, спины, живота и конечностей. Появляется напряжение мышц конечностей, живота, который становится твёрдым как доска. Иногда наступает полная скованность туловища и конечностей, за исключением кистей и стоп.

Возникают болезненные судороги, вначале ограниченные, а затем распространяющиеся на большие группы мышц, которые делятся от нескольких се-

кунд до нескольких минут. В лёгких случаях судороги возникают несколько раз в сутки, в тяжелых - длятся почти непрерывно.

Судороги появляются спонтанно или при незначительных раздражениях (прикосновение, свет, голос). Во время судорог лицо больного покрывается крупными каплями пота, делается одутловатым, синее, выражает страдание, боль. В зависимости от напряжения той или иной мышечной группы тело больного может принимать самые причудливые позы. Больной выгибается на постели в дугообразное положение, опираясь только пятками и затылком (опистотонус). Все мышцы настолько напряжены, что можно видеть их контуры. Ноги вытянуты в струну, руки согнуты в локтях, кулаки сжаты.

Некоторые больные предпочитают лежать на животе, при этом их ноги, руки и голова не касаются постели. Больные испытывают страх, скрежещут зубами, кричат и стонут от боли. В период между судорогами расслабления мышц не происходит. Сознание обычно сохранено. Больные обильно потеют. Возникает стойкая бессонница. Наблюдаются апноэ, цианоз, асфиксия.

Спазмы мышц приводят к затруднению или полному прекращению функций дыхания, глотания, дефекации и мочеиспускания, расстройству кровообращения и развитию застойных явлений во внутренних органах, резкому усилению обмена веществ, нарушению сердечной деятельности. Температура поднимается до 41 - 42 °С.

Период выздоровления характеризуется медленным, постепенным снижением силы и количества судорог и напряжения мышц. Может продолжаться до 2 месяцев. Этот период особенно опасен развитием различных осложнений.

3 Технологии компостирования

3.1 Оптимальные условия компостирования

Компостный бурт (штабель) должен иметь достаточный размер для предотвращения быстрой потери тепла и влаги и обеспечения эффективной аэрации во всем объеме. Из литературных источников известно, что оптимальная высота компостного бурта составляет 1,0 – 1,5 м, ширина – 2,5 м. Бурт мо-

жет быть вытянут в компостный ряд любой длины. Минимальный объем бурта – около одного метра кубического [6, 26, 33].

На рисунке 3.1 показан бурт со стандартными размерами по ТУ, процесс ферментации которого условно разбивается на три зоны. Первая зона – поверхностная (15 - 20 см), постоянно подвергается переменам погоды. Процесс ферментации здесь всегда замедлен вследствие нарушений температурно-влажностного режима компостирования.

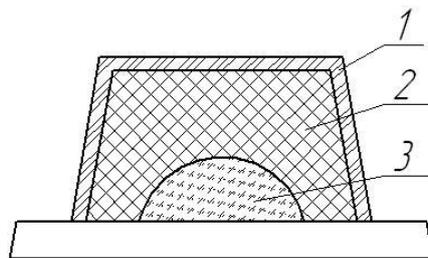


Рисунок 3.1 – Зоны ферментации в компостном бурте

Вторая зона (100-105 см) – находится под защитой поверхностного слоя в оптимальных условиях протекания биотермического аэробного процесса. Третья зона появляется в буртах при недостаточной аэрации компостируемого материала. Если перемешивание компоста не применяется, то для ликвидации третьей зоны рекомендуется введение в бурт трубок аэрации [6, 26, 33].

Равномерное разложение обеспечивается перемешиванием наружных слоев к центру компостного штабеля. Частое перемешивание рекомендуется при избыточном количестве влаги [6, 26, 33].

Время, необходимое для созревания компоста, зависит от перечисленных выше факторов. Продолжительность процесса образования компоста может варьировать от нескольких недель до 1-2 лет. Более короткий период созревания связан с оптимальным содержанием влаги, соотношением С:N и частотой аэрации. Процесс замедляется при недостаточной влажности субстрата, низких температурах, высоком значении соотношения С:N, крупных частицах субстрата, высоком содержании древесных материалов и неадекватной аэрации [8, 55, 99]. Процесс протекает гораздо быстрее, если соблюдаются все условия, необходимые для роста микроорганизмов: аэрация 0,6-1,8 м³ воздуха в сутки на 1 кг

летучей части твердых веществ или поддержание концентрации кислорода в пределах 10-18 % и короткие периоды перемешивания в механизированных системах [9, 10, 37].

Таким образом, оптимальными условиями для компостирования можно считать закладку растительного материала в бурт высотой 1,5 м, шириной 2,5 м (при любой длине), минимальный объем которого должен составлять около 1 м³, регулярное перемешивание и аэрацию компоста.

3.2 Технология утилизации древесно-растительных отходов

Процесс утилизации древесных отходов к операциям по устранению стандартного мусора (вроде ЖБО и ТКО) отношения практически не имеет. В одном случае люди стараются сократить количество вырубаемых деревьев и получить как можно большее количество ценного сырья, в другом – защищают себя и природу от опасностей, связанных с распространением вредных и болезнетворных веществ.

Древесина входит в число самых распространенных производственных материалов, ведь с ее помощью изготавливают многие тысячи разных товаров и изделий. Средний деревообрабатывающий концерн способен накопить более 200 млн куб. м. древесных отходов всего лишь за один год плодотворной работы. Хранить такие объемы мусора, конечно же, невозможно, и именно поэтому предприятия предпочитают отправлять их на сжигание и измельчение.

Утилизация древесных отходов считается достаточно простым в техническом плане процессом. Если от промышленных стоков, нефтешламов и загрязненных радиацией объектов избавиться тяжело, то натуральная древесина поддается практически любым способам обработки. Щепки, горбыли, стружки, опилки и мешки с древесной пылью сначала аккумулируются на специализированных складах (обязательно защищенных от любых возгораний), а затем уничтожаются посредством особого оборудования.

Эксперты, заведующие мероприятиями по утилизации древесных отходов, в работе предпочитают пользоваться тремя основными технологиями:

Биологическая. Предлагает добавлять к мусору различные органические компоненты, запускающие деструктивные реакции. В результате образуется достаточно ценное сырье, вроде кормовых белковых дрожжей.

Механическая. Самый простой и не требующий трудозатрат вариант. С ее помощью дерево сначала измельчают, а затем сжигают и фрезеруют. В итоге получается материал, задействуемый при производстве удобрений.

Химическая. Делится на три дополнительных подгруппы: пиролиз, гидролиз и газификацию. Предполагает, что в процессе применения специального оборудования будет изготовлена, например, бумага или картон.

Каждый способ утилизации древесных отходов обладает своими характерными преимуществами и недостатками. Перед началом любых работ древесину в обязательном порядке сортируют по структуре и размеру, а затем инспектируют на наличие подгнивших частей. Откровенно «плохие» элементы подвергаются обработке с помощью профессиональных антисептических составов.

Оставшиеся после заготовки леса листья и ветки зачастую оставляют лежать на земле. В них размножаются вредители. Иногда мелкие древесные отходы сгребают в кучи и сжигают. Такие действия могут привести к пожару. Сжигание веток на опушке леса вредит экологии и сводит на нет пользу, которое дерево принесло атмосфере в процессе роста.

Гораздо более целесообразно собрать остатки древесины и пустить в дело. Даже если утилизировать ветки просто сжиганием, из этого процесса можно извлечь пользу в виде тепловой энергии для нужд человека.

Древесные отходы возникают на каждом этапе деревопереработки от рубки леса до финишной обработки изделия. Виды отходов лесозаготовительной и деревоперерабатывающей отраслей:

- ✓ листья, хвоя;
- ✓ древесная кора;
- ✓ пни с корнями;
- ✓ опилки;
- ✓ щепки и стружка.

К каким материалам применима утилизация деревьев.

Под понятие «утилизация деревьев» попадают такие категории древесных отходов:

- ✓ ветки кустарников и молодых деревьев, остающиеся после стрижки живых изгородей, формирования крон плодовых деревьев в пределах населенных пунктов и садоводств;
- ✓ древесина нетвердых пород, которая остается после санитарной обрезки деревьев и рубки леса, не подходящая для промышленного использования;
- ✓ мелкие отходы лесозаготовки: ветки, корни, сучья;
- ✓ отходы пилорам: горбыль, короткомер, стружка, щепа;
- ✓ древесные отходы с химической пропиткой: шпалы, столбы, строительные плиты из шпона и опилок;
- ✓ отслужившая деревянная тара: ящики, коробки, поддоны.

С необходимостью утилизировать древесные отходы сталкиваются не только коммунальные службы и деревообрабатывающие предприятия. Эта задача стоит перед любыми организациями, использующими фанеру или деревянную тару.

Утилизация древесного спила

Нередко приходится очищать двор или участок городской среды от ненужных деревьев. Старые растения угрожают ближайшим домам, машинам и прохожим: при порывах ветра крупная ветка или дерево целиком падает и наносит повреждения.

Больные и сухостойные деревья не выполняют озеленительную функцию, их нужно заменить на молодые посадки. Разросшиеся деревья могут создавать угрозу ЛЭП, нарушать нормы освещения помещений или мешать реконструкции участка. В таких случаях возникает необходимость утилизации спила деревьев.

Ещё до спиливания оценивают объем древесины и качество стволов, чтобы рассчитать более выгодный способ утилизации. Пригодные для изготовления досок бревна увозят на пилораму. Пиломатериал из таких деревьев идет на строительство сараев, из мелких досок делают колышки для подвязки саженцев.

Вывоз порубочных остатков с участка осуществляют в контейнерах. Для плотного размещения в таре стволы пилят на части. 2 средних дерева вмещаются в контейнер объемом 8 кубометров. Крупные бункеры объемом 20-36 м³ позволяют одновременно вывезти десятки деревьев. При объемах свыше 3-4 контейнеров привозят измельчитель и перерабатывают спил в щепки. Измельчение помогает вместить в контейнеры больший объем отходов.

Утилизация веток

Зачастую деревья спиливают не полностью: вырезают больные ветки, освобождают ЛЭП, проводят кронирование и декоративную стрижку посадок. Кусты и мелкие деревья стригут 3-6 раз за сезон для поддержания опрятного вида аллей. В процессе стрижки и обрезки образуются тонны веток. Измельченные срезанные части ложатся в контейнере плотнее, чем крупные ветви, и в емкость того же объема вмещается большая масса веток.

Когда срезанных веток много, их дробят в измельчающей машине. Полученную щепу применяют в садово-парковых работах:

- ✓ как мульчу, предохраняющую почву от пересыхания и разрастания сорняков;
- ✓ как удобрение и облегчение текстуры почвы;
- ✓ как декоративную посыпку грунта.

Утилизация деревянных поддонов

Деревянные поддоны применяются для хранения и перевозки грузов. Со временем они изнашиваются настолько, что не подлежат ремонту. Переработка отслуживших поддонов происходит следующим образом:

Сначала их помещают в роторный shredder, который измельчает древесину. Затем щепки пропускают через магнит. Он отделяет металлический крепеж. Освобожденная от металла щепа идет на изготовление топливных брикетов.

Методы утилизации древесных отходов

При производстве пиломатериала остаются ветки, опилки, кора. Там, где не налажена переработка, такие отходы выбрасываются на полигоны. Выделяют понятие древесных отходов, к которым относится тара из древесины, мебель, предметы интерьера, домашняя утварь. Переработка древесных и дере-

вянных отходов сокращает объем вывозимого на свалки мусора, а заодно дает новую продукцию или иную выгоду от утилизации.

Химическая переработка

Из измельченной древесины под воздействием химических веществ получают новые материалы. Самый древний, но не утративший актуальности метод – производство бумаги. Древесину перерабатывают в целлюлозу, из которой делают бумагу, пластмассы, лаки, киноплёнку.

Гидролиз древесины – это осахаривание клетчатки серной кислотой. Таким путем получают кормовые дрожжи, глюкозу, этиловый спирт.

Сухая перегонка древесины дает древесный уголь, уксусную кислоту, метиловый спирт, скипидар, горючие газы.

Из опилок, целлюлозы и отходов гидролиза получают жидкое и газообразное биотопливо.

Сжигание

На первый взгляд, сжигание – наименее экологичный способ утилизации некондиционной древесины. Но проблема не в том, куда направят конкретную партию опилок, а в сложности перехода на «чистые» виды топлива и энергии. Сжигание продукции переработки древесного мусора экономит дрова и уголь, значит, этот метод не так плох с точки зрения экологии.

Из отходов изготавливают топливные брикеты и древесный уголь для твердотопливных котлов. В домашних печах и банях сжигают порубленные ветки, горбыль, обрезки досок. Получение тепла из мусора сэкономит на каждой печи в год несколько деревьев, которые срубили бы на дрова.

Механические способы переработки

Несложный, но полезный способ утилизации древесины – механическая переработка. Специальные механизмы перерубают отходы в щепу. Измельченную древесину легче перевозить к месту дальнейшей переработки.

3.3 Технологические приемы компостирования

Существует несколько технологий компостирования, различающихся по стоимости, продолжительности и сложности. Более простые и дешевые технологии требуют больше места, процесс компостирования занимает больше времени, в них велика доля ручного труда. В простых системах подготовленный материал складывают в виде длинных буртов, называемых компостными рядами, либо вручную, либо с помощью самосвалов или погрузчиков. Переворачивание бурта можно производить несколькими способами и с разной эффективностью. Для очень небольших объемов его выполняют вручную, но чаще применяют машины типа землечерпалок [9, 10, 37].

Простейшие (минимальные) технологии (рисунок 3.2) предусматривают переворот материала (перебивку) 1 раз в год. Технология низкого уровня требует переворота компостируемого материала через 1 месяц, а затем через 11 месяцев. Весь процесс занимает 16-18 месяцев. Технология среднего уровня предусматривает ежедневное перемешивание материала. Компост готов через 4-6 месяцев. Однако ежедневное перемешивание материала не позволяет сырью прогреться до температуры, необходимой для снижения всхожести семян сорняков (65°C).

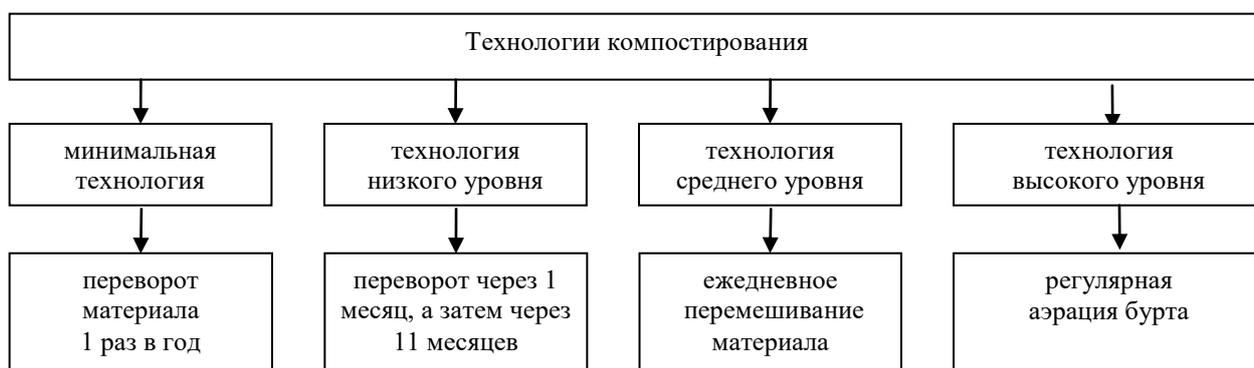


Рисунок 3.2 – Технологии компостирования

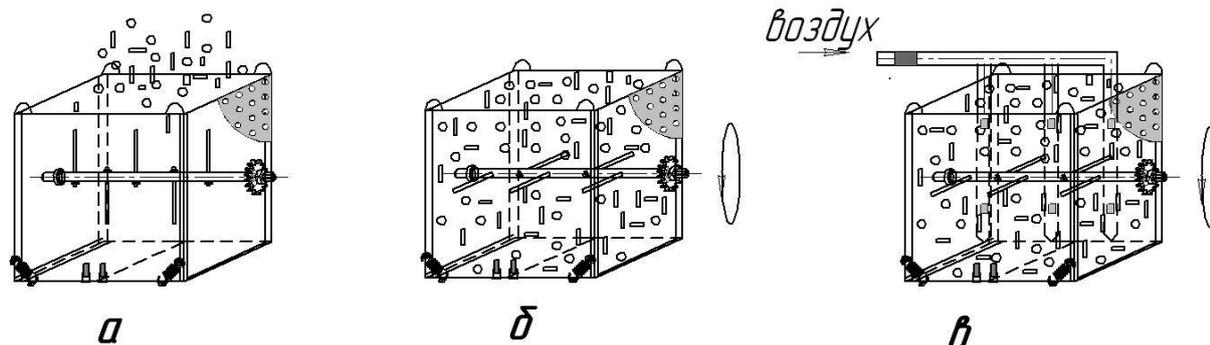
Технология высокого уровня требует аэрации бурта с целью равномерного доступа кислорода в слои. Компост готов уже через 2-10 недель [9, 10, 37].

К сложным системам компостирования относится приготовление компоста в специальных установках, которые обеспечивают полную или частичную механизацию процесса и повышение качества компоста [9, 10, 37].

Таким образом, для приготовления высококачественного компоста в короткие сроки (до 3 месяцев) необходимо применять технологию высокого уровня с регулярной аэрацией и перемешиванием растительного материала в специальных устройствах.

Факторы компостирования определяются в ходе эксперимента с помощью установки для компостирования, измерительных приборов и датчиков температуры и влажности. Выбранная нами схема установки для компостирования представляет собой контейнер с ворошителем, в который закладывается исходное растительное сырьё. Для приготовления качественного компоста технологией высокого уровня предусматривается периодическая аэрация, увлажнение и перемешивание растительного сырья. Процесс приготовления компоста производится в следующей последовательности. Предварительно измельченное растительное сырьё засыпается в компостарий, представляющий собой контейнер, выполненный из перфорированных металлических листов (рисунок 3.3 а).

Периодически масса примешивается с помощью битерного ворошителя (рисунок 3.3 б). Так как для успешного процесса компостирования необходим кислород, по системе аэрации регулярно подается воздух (рисунок 3.3 в). Аэрация приводит к снижению влажности, поэтому в установке предусмотрена система увлажнения (рисунок 3.3 г), при этом периодическое перемешивание не прекращается. После того, как компост готов, его выгружают из контейнера, открывая защелки двустворчатого днища (рисунок 3.3 д).



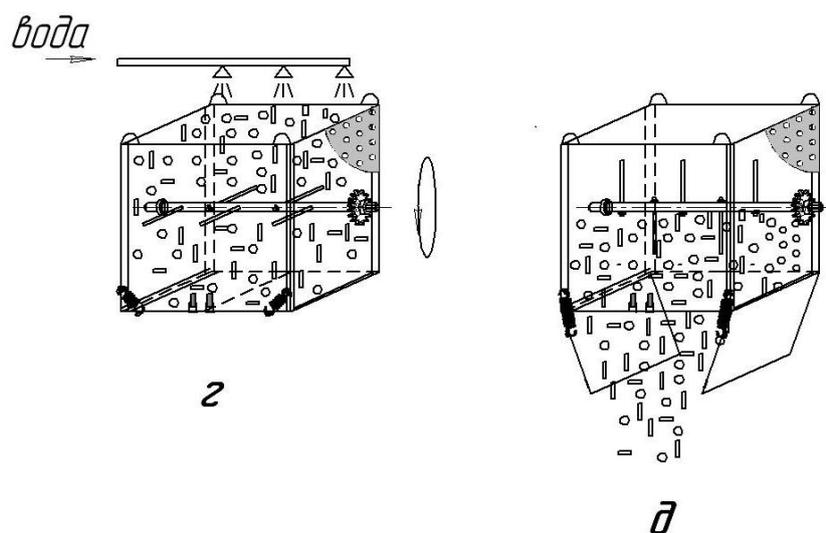


Рисунок 3.3 – Схема приготовления компоста по технологии высокого уровня

Таким образом, нами получено выражение для определения конечной массы компоста, учитывающее все основные параметры приготовления качественного компоста.

Математическая модель компостирования имеет вид

$$\pi_2 = C_f \cdot \pi_1^{\alpha_1} \cdot \pi_3^{\alpha_3} \cdot \pi_4^{\alpha_4} \cdot \pi_5^{\alpha_5} \cdot \pi_6^{\alpha_6}, \quad (3.1)$$

где C_f – поправочный коэффициент, зависящий от выбора единиц измерения.

Так как единицы измерения физических величин, фигурирующих в критериальном уравнении, переводятся в СИ, то $C_f = 1$. Окончательно уравнение конечной массы компоста примет вид

$$m = m_o \cdot (pH \cdot \varphi)^{\alpha_1} \cdot \left(\frac{t_{\text{бб}}}{t_{\text{нб}}} \right)^{\alpha_3} \cdot (t \cdot \nu_p)^{\alpha_4} \cdot \left(\frac{t}{t_{\text{бб}}} \right)^{\alpha_5} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{сух}}}{\rho_{\text{вл}}} \right)^{\alpha_6}. \quad (3.2)$$

4 Энергосберегающее оборудование для компостирования

4.1 Классификация установок для компостирования

Для приготовления компоста применяют различные способы и оборудование: простейшие бурты на открытых площадках, стационарные компостеры, механизированные компостарии и биореакторы [17, 18, 19, 34, 38, 40, 42, 52].

ГОСНИТИ предлагает запатентованную в России современную энерго-сберегающую технологию переработки органических отходов в эффективное, экологически чистое удобрение на установке УЭК. Производство является безотходным с утилизацией биологического тепла. Мощность комплекса может составить от нескольких сотен килограммов до 50 тонн в сутки. Однако предлагаемая установка будет недоступна для средних и малых предприятий ввиду высокой стоимости - около 400 тыс. руб.

ФГУП ФНПЦ «Прибор» разработал смеситель органических отходов СМ-2,0, представляющий собой емкость с лопастями, расположенными на валах, и шнеком внизу емкости для выгрузки смешанных органических отходов. Установка обладает высокой металлоемкостью и громоздка.

Для приготовления компоста рекомендуется использовать биореактор, представляющий собой бетонную траншею с каналами для отвода влаги и подачи подогретого воздуха, в которую подается измельченное растительное сырье и поливается жидким навозом [40]. Данная конструкция промышленностью не выпускается, а предложена в виде патента на изобретение.

Более сложный способ компостирования применен в устройстве, содержащем терморектор, биофильтр, флотатор и емкость готовой продукции. Температура при работе установки по компостированию доходит до 60 °С [40]. Установка запатентована и исследована в диссертационной работе. Промышленный выпуск не осуществляется.

Отечественной и зарубежной промышленностью выпускаются бытовые и садовые компостеры, а также миксеры различной вместимости от 50 до 600 л, предназначенные для утилизации растительных и бытовых отходов (рисунок 4.1). Аэрация и перемешивание материала в них не предусмотрено.

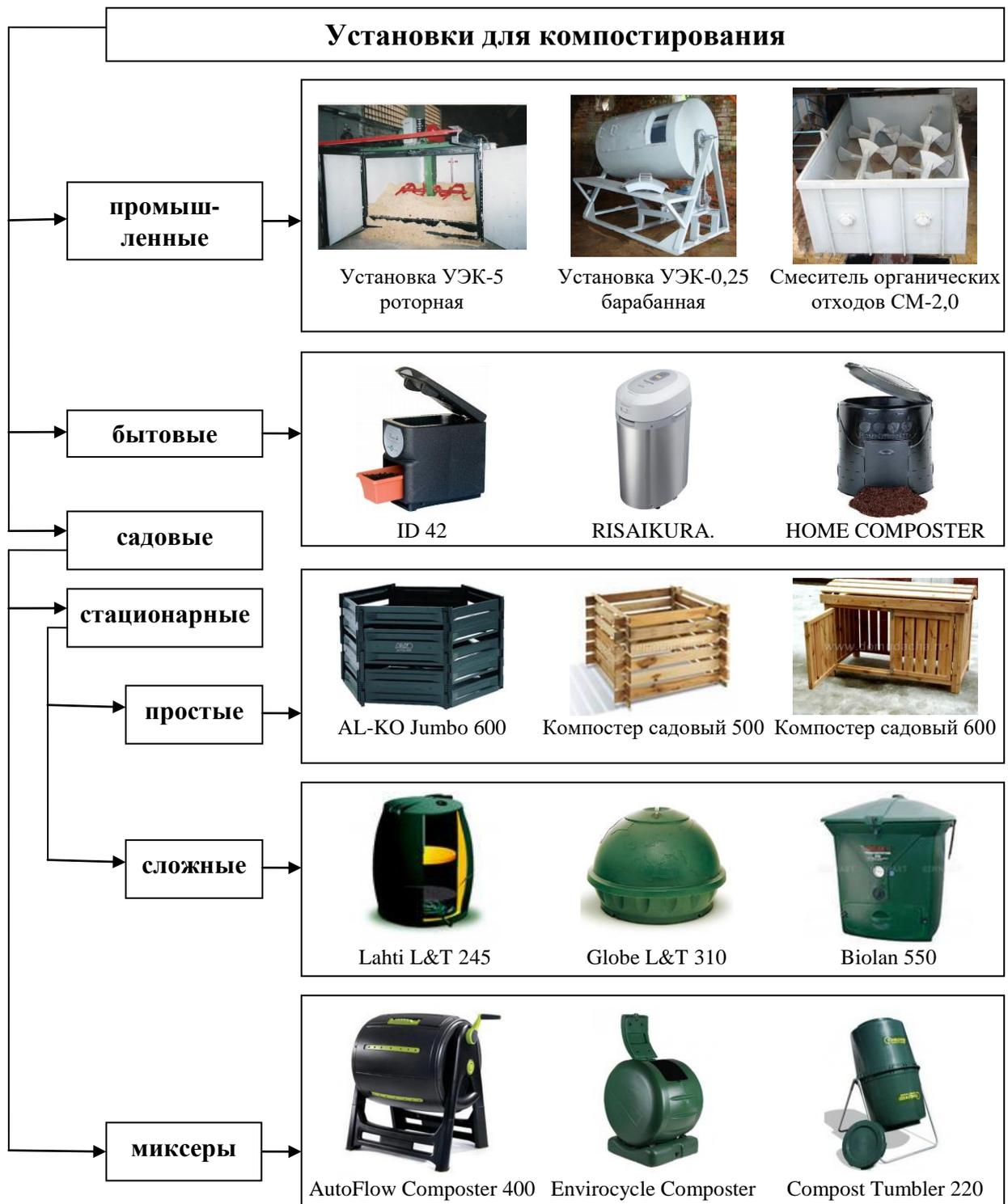


Рисунок 4.1 – Классификация установок для компостирования

Миксеры – более сложные установки, представляющие собой емкости, закрепленные на горизонтальной оси с ручным или электрическим приводом, с возможностью перемешивания материала в свободном падении при вращении барабана. В подобных установках трудно обеспечить тщательное перемешива-

ние материала при высокой влажности и наличии комков. Объем бункера неэффективно используется, так как от наполняемости бункера зависит качество перемешивания.

После систематизации существующие конструкции установок для компостирования можно представить структурной схемой-классификацией (рисунок 4.1).

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что промышленные установки, рассчитанные на большие объемы органических отходов, сложны в устройстве и дорогостоящи, а малообъемные простейшие садовые и бытовые компостеры не снабжены устройствами для принудительной аэрации и перемешивания, что не позволяет получать высококачественный компост в кратчайшие сроки и не исключает ручные операции по закладке, перебивке, выгрузке компоста, сохраняя определенные риски развития аллергических реакций и микозов у контактеров.

4.2 Устройства, повышающие качество компоста

Для повышения качества компоста применяют различные устройства: аэраторы, измельчители (чипперы), ворошители (смесители) и оросители (увлажнители) (рисунок 4.2).



Рисунок 4.2 – Устройства для повышения качества компоста

Простейшее устройство для аэрирования компостного бурта представляет собой дыхательные трубки, внедряемые в компостную массу [25]. Аэраторы Tumbleweed Aerator Compost Turner являются ручными устройствами для перемешивания и аэрирования компоста. Они представляют собой лопасть, либо спираль на ручке.

Для измельчения веток деревьев и кустарников диаметром до 4,5 см, коры деревьев, листвы, еловых шишек, бумаги и пр. современные зарубежные производители выпускают садовые измельчители – чипперы [53].

Для перемешивания компоста, заложенного на площадках, достаточно широко используются ручные мотокультиваторы с шириной обработки 50 см и ворошители, агрегируемые с тракторами [34]. Для эффективной работы ворошителя большое значение имеет форма штабеля (валка), выравненность поверхности и ширина проходов. Так как перемешивание материала в процессе компостирования позволяет решить несколько проблем (собственно ворошение, обогащение кислородом, доизмельчение), рассмотрим подробнее машины,

предназначенные для перемешивания. Классификация смесителей для сыпучих материалов приведена на рисунок 4.3.

Для сыпучих материалов чаще применяют смесители с горизонтальной смешивающей камерой, в которой вращаются один или два параллельных вала с рабочими органами, конструкция которых зависит от рода перерабатываемого материала. Наибольшее распространение получили пальцевые и лопастные рабочие органы. Рабочие органы двухвальных смесителей могут вращаться либо в одном направлении, либо в разных [26].

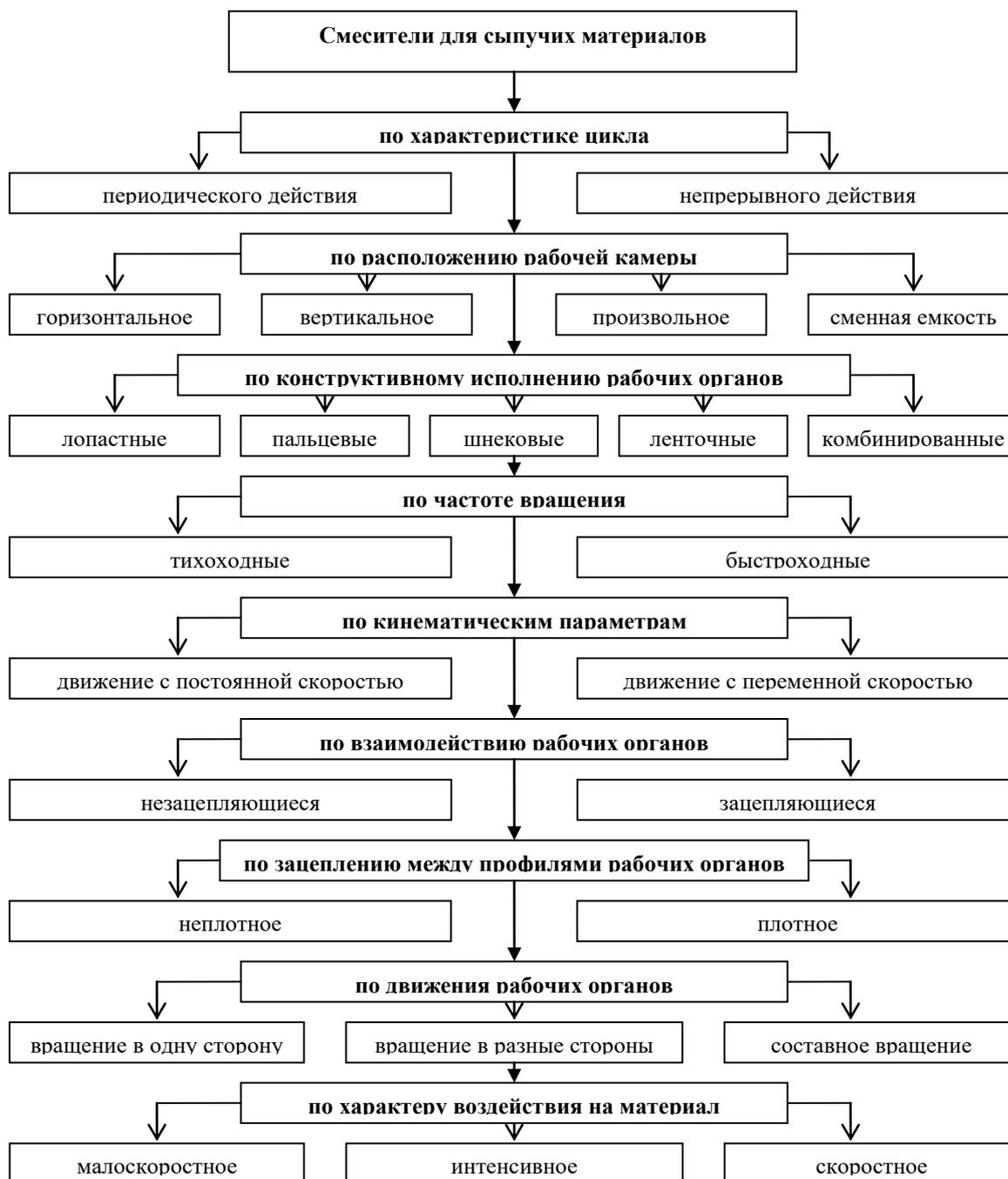


Рисунок 4.3 – Классификация смесителей

Анализируя машины для механизации компостирования, можно заключить, что существующие устройства для повышения качества компоста дорогостоящи, громоздки, укомплектованы оригинальными деталями и требовательны к первоначальному размеру компостного бурта. Приспособления для перемешивания компоста в компостерах и компостариях небольшого объема отечественной промышленностью не выпускаются.

5 Утилизация избыточных тепловыделений в процессе хранения растительных материалов

5.1 Технические и технологические способы предотвращения самовозгорания

Ставя проблему утилизации теплоизбытков, нельзя не рассматривать возможность самовозгорания растительного сырья. Самовозгорание происходит из-за того, что тепловыделение в ходе реакций больше теплоотвода в окружающую среду. Аккумуляции теплоты в материале может продолжаться от нескольких дней до нескольких месяцев. Для растительных материалов характерно микробиологическое самовозгорание, связанное с деятельностью мельчайших микроорганизмов. Наиболее характерным примером является самовозгорание прошлогодних скирд сена, а также рулонного, прессованного сена, зерна, заложенного с нарушением технологии. Для исключения причин, приводящих к микробиологическому самовозгоранию, рекомендуется осуществлять активное вентилирование и перемешивание продукта, заложенного на хранение или в компост [3, 7, 40].

Активное вентилирование в сельском хозяйстве – это принудительное продувание воздуха через массу сельскохозяйственной продукции без её перемещения. Активное вентилирование может быть осуществлено, с помощью установок для досушивания, таких как УВС-10, УДС-300. В отличие от естественной вентиляции (тепловой конвекции) и поверхностного обдувания, активное вентилирование позволяет создать и поддерживать равные оптимальные условия в больших

объемах продукции и благодаря этому снизить потери сельскохозяйственной продукции при хранении и эффективнее использовать объем хранилищ. Активное вентилирование используется при хранении зерна, семян, корнеклубнеплодов, сена и др. Системы активного вентилирования имеют конструктивные различия, но необходимыми элементами всех являются: вентилятор, воздухораспределительные каналы и ёмкости для размещения продукции. Распространены стационарные и передвижные установки для активного вентилирования [58].

Технологический прием, предложенный Ермаковым Б.С., Колосовым В.А., Вогманом Л.П. предусматривает предупреждение и тушение загораний на предприятиях по хранению и переработке материалов, склонных к слеживанию и самовозгоранию путем подачи флегматизатора в нижнюю часть хранилища. При обнаружении пожаровзрывоопасных факторов производится послойное рыхление массы продукта с одновременной интенсивной подачей флегматизатора в зону рыхления и выгрузкой продукта из хранилища с последующим до-тушиванием [40].

Самовозгорание может произойти, когда вещество с относительно низкой температурой воспламенения (сено, солома, торф и т. д.) Начинает выделять тепло. Это может происходить несколькими способами: либо путем окисления в присутствии влаги и воздуха, либо путем бактериальной ферментации, при которой выделяется тепло. Тепло не может отводиться (сено, солома, торф и т. д. - хорошие теплоизоляторы), и температура материала повышается. Температура материала поднимается выше его точки воспламенения (даже несмотря на то, что большая часть бактерий уничтожается под воздействием температуры воспламенения). Горение начинается, если присутствует достаточное количество окислителя, такого как кислород, и топлива, чтобы поддерживать реакцию до теплового разгона.

Таким образом, ворошение сырья также является одним из приемов снижения температуры в растительной массе. Теплоту, отводимую с помощью установок активного вентилирования, можно утилизировать для дальнейшего использования.

5.2 Методы контроля температуры в растительном сырье

Так как термогенез растительного сырья приводит не только к его самогреванию, но может вызвать в конечном итоге самовозгорание и самовоспламенение, необходимо контролировать изменение температуры в процессе компостирования или хранения [35, 37].

Для раннего обнаружения очагов самонагревания растительного сырья в хранилищах могут быть использованы следующие методы: измерение градиента температур (система УДКТ - устройство дистанционного контроля температуры) или определение содержания индикаторных газов (CO и H_2) в надсводном пространстве хранилищ. При размещении термодатчиков систем типа УДКТ по центральной оси силоса (бункера) с шагом расположения датчиков 2 м при абсолютной погрешности системы измерения температуры от 1 до 3°C контролируется от 1/3 до 2/3 объёма силоса (бункера) [35].

Радиус чувствительности датчика температуры – это наибольшее расстояние, на котором датчик фиксирует рост температуры, превышающий рост фоновой температуры, при условии, что в центре очага температура достигла пожароопасного значения 100°C. Для повышения эффективности системы температурного контроля необходимо совершенствовать схему размещения датчиков. Поскольку датчик контролирует массу сырья, заключённую внутри сферы радиуса чувствительности датчика r , размещение датчиков в объёме хранилища сводится к задаче перекрытия объёма минимальным числом шаров одинакового радиуса. Наименьшее количество датчиков получается в случае пространственно-центрированной кубической решётки, которая образуется из точек обычной кубической решётки добавлением к ней центров всех кубов [35, 37].

Метод газового анализа при термоокислительной деструкции растительного сырья основан на регистрации выделения горючих (H_2 , CH_2 , CO , CH_4) и негорючих (CO_2) газов, состав и количество которых изменяется в зависимости от состояния очага в массе продукта и определяют стадию опасности очага (самонагревание, самовозгорание, горение) [35, 37].

Анализ данных по изменению состава газообразных продуктов термоокислительной деструкции растительного сырья в насыпи при изменении температуры показывает, что в качестве индикаторных газов на стадии самонагрева могут служить водород и оксид углерода в концентрациях до 1 % об; если концентрация водорода и оксида углерода превышает 1% об. и при этом ещё регистрируется в газовой пробе метан, то это значит, что температура очага уже превышает 250-270°C, в насыпи растительного сырья идёт процесс горения (тления) [35, 37].

Каждый из этих методов обладает рядом недостатков. Метод, основанный на измерении градиента температур (система УДКТ), позволяет контролировать горизонтальное пластовое самонагревание и охватывает далеко неполный объём хранилища. Метод газового анализа, хотя и является оперативным методом обнаружения самонагревания и самовозгорания, но является интегральным (по силосу) и не позволяет определить место очага в силосе.

Можно заключить, что контроль температуры в растительном сырье с помощью датчиков наиболее прост и доступен к применению.

5.3 Классификация установок для утилизации теплоты

Для отвода избыточных тепловыделений с целью их дальнейшей утилизации могут применяться специальные устройства, получившие название теплоутилизаторов. Теплоутилизаторы классифицируются по назначению, по принципу действия и по исполнению [52]. По назначению теплоутилизаторы можно объединить в следующие группы (рисунок 5.1): для обогрева теплиц, жилищно-бытовых построек, производственных помещений и помещений для содержания животных.

По принципу действия утилизаторы разделяются на группы: работающие без промежуточного теплоносителя (системы «воздух-воздух»), с теплоносителем и температурно-компенсаторные. По исполнению утилизаторы без теплоносителя выпускаются пластичные и роторные, утилизаторы с теплоносителем – пластичные [56].

Практически все теплоутилизаторы, предназначенные для обогрева производственных помещений, представляют собой систему воздуховодов, вентиляторов, кондиционеров, устройств автоматики, что требует затрат времени и средств на приобретение и монтаж оборудования, а так же затраты электроэнергии в процессе эксплуатации [56].

Заслуживают внимания температурно-компенсаторные утилизаторы, в которых в качестве компенсатора теплоты могут использоваться подпольное навозохранилище, полигон твердых бытовых отходов (ТБО), компостные кучи (бурты), полузаглубленные или заглубленные хранилища растительного сырья [40].



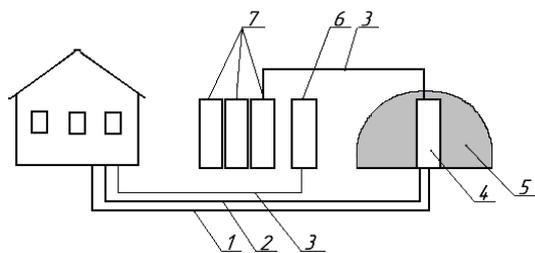
Рисунок 5.1 – Классификация теплоутилизаторов

Таким образом, в настоящее время разработаны различные методы и оборудование для утилизации избыточных тепловыделений. Часть этого оборудования требует совершенствования и проверки эффективности использования в

практических условиях, часть - отличается металлоемкостью и сложностью обслуживания. На основе анализа существующих устройств Лумисте Е.Г., Панов М.В., Панова Т.В. разработали теплоутилизатор, конструктивно состоящий из контейнера, выполненного из металлических листов с отверстиями, помещенного в облицованный приямок с лотком, сокоборником и вертикальным стояком, с системой нагнетания для подачи воздуха к растительному сырью повышенной влажности и системой воздухоотведения для удаления нагретого воздуха в результате термогенеза. По мнению авторов проекта, этот теплоутилизатор может быть использован для отвода избыточной теплоты при компостировании растительного сырья [40].

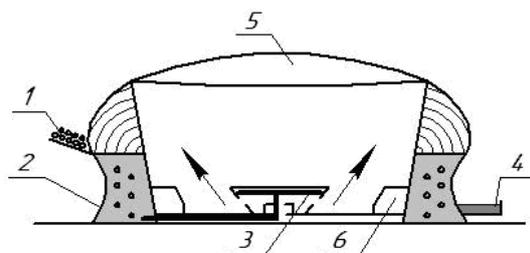
5.4 Варианты использования теплоты, выделяющейся при разложении органики

Использование твердой биомассы и, прежде всего, твердых органических отходов (смеси трав, листьев, опилок, соломы и др.), при наличии кислорода разлагающихся с выделением теплоты, для производства тепловой энергии может внести существенный вклад в энергетику. Этот метод основан на процессе бактериального окисления твердых органических веществ с образованием тепловой энергии (от 300 до 600 Вт), которая повышает температуру пропускаемого через массу воздуха до 80-90 °С и подогревает воду, например, которая в дальнейшем используется для обогрева (рисунок 5,2 а). Для управления количеством теплоты необходимо регулярное увлажнение смеси, так как постоянная продувка воздухом будет забирать влагу, а при влажности ниже 30 % смесь не разлагается [43].



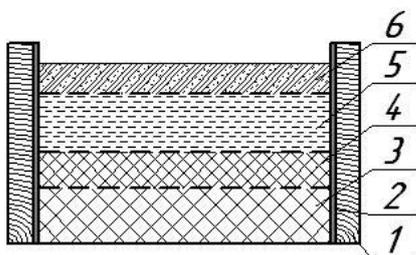
1 – холодная вода, 2 – теплая вода, 3 – газовая труба, 4 – стальной резервуар, 5 – компостная куча, 6 – аккумулятор, 7 – сборная камера

а



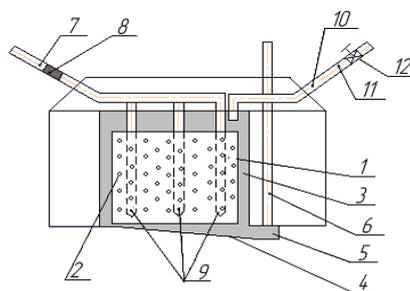
1 – подача органических отходов, 2 – компост, 3 – перемещение потоков теплоты, 4 – извлечение компоста, 5 – прозрачная крыша, 6 – скамейки

б



1 – деревянный каркас, 2 – полиэтиленовая пленка, 3 – крупномерные отходы, 4 – измельченные отходы, 5 – сложносоставная органика, 6 – почвогрунт

в



1 – контейнер для растительного сырья, 2 – отверстия перфорации, 3 – облицованный приямок, 4 – лоток, 5 – сокоборник, 6 – вертикальный стояк, 7 – приточный воздухоотвод, 8 – насос, 9 – перфорированные трубы, 10 – вытяжной воздухоотвод, 11 – фильтр, 12 – вентиль

г

Рисунок 5.2 – Варианты применения теплоты, получаемой от компоста

Японские дизайнеры разработали чайный домик круглой формы (рисунок 5.2 б), который обогревается теплотой, получаемой от компоста, заложенного по периметру конструкции [35]. Лапин Ю.Н. предлагает использовать теплоту, получаемую от разложения растительного сырья, для отопления экодому [24].

Для большинства фермерских хозяйств актуальны так называемые «теплые грядки», позволяющие высевать семена и высаживать рассаду в ранние сро-

ки [6]. Наиболее эффективен и перспективен способ обогрева почвы теплотой, которая выделяется при компостировании (рисунок 5.2 в).

Приточно-вытяжной теплоутилизатор (рисунок 5.2 г, приложение А) для отвода избыточных тепловыделений от растительного сырья или твердых бытовых отходов, заложенных на компост, позволяет обогревать помещения различного назначения (производственные, бытовые, вспомогательные и др.) [52].

Кроме того, выделяющуюся теплоту можно использовать для подсушивания сельскохозяйственной продукции: зерна, грубых кормов (сена, соломы), корнеклубнеплодов и пр. (рисунок 5.3).

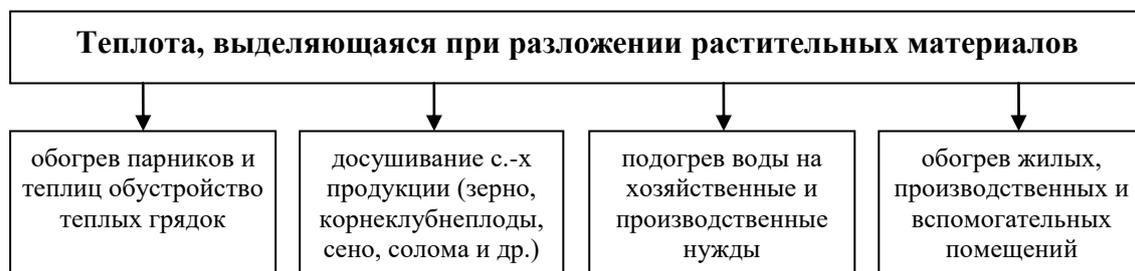


Рисунок 5.3 – Применение теплоты, выделяющейся при разложении растительного сырья

Для реализации всех перечисленных направлений использования теплоты, выделяющейся при разложении органики, предложен простой и недорогой теплоутилизатор, отличающиеся малой металлоемкостью, простотой монтажа и демонтажа [44].

5.5 Приточно-вытяжная установка для получения органического удобрения и утилизации тепла

Выбранный на основе анализа принцип работы устройства для утилизации теплоты, образующейся при гниении органики, относится к температурно-компенсаторным. В качестве компенсатора теплоты используется компост из растительных материалов или силос низкого качества, с развитым процессом гниения. Способ теплоутилизации - конвективный теплообмен.

Конвективный теплообмен, процесс переноса теплоты, происходящий в газах, обусловлен совместным действием двух механизмов переноса теплоты – собственно конвективным переносом и теплопроводностью. В случае конвективного теплообмена распространение теплоты в пространстве осуществляется за счёт переноса теплоты при перемещении текучей среды из области с более высокой температурой в область с меньшей температурой, а также за счёт теплового движения микрочастиц и обмена кинетической энергией между ними. Участие теплопроводности в процессах конвективного теплообмена приводит к тому, что на эти процессы оказывают существенное влияние теплофизические свойства среды: коэффициент теплопроводности, теплоёмкость, плотность [6].

Если движение газа вызвано наличием неоднородного поля температуры, а, следовательно, и неоднородной плотности в среде, то такое движение называют свободным или естественным, а процесс конвективного теплообмена – свободной или естественной конвекцией. Так как в конструкции теплоутилизатора предусмотрен насос (осевой вентилятор) для аэрации, необходимо учитывать как вынужденную, так и свободную конвекцию.

Кроме того, для выбранной схемы теплоутилизатора будет характерна конвективная теплоотдача, являющаяся наиболее распространенным случаем конвективного теплообмена. Теплоотдача – это процесс, протекающий на границе раздела двух фаз (твердой и газообразной). Задачей расчета является нахождение плотности теплового потока на границе раздела фаз, то есть величины, показывающей, какое количество теплоты получает или отдает единица поверхности раздела фаз за единицу времени.

Удаление избыточного тепла при хранении растительных материалов повышенной влажности обеспечивается предлагаемым нами теплоутилизатором.

Предлагаемый нами теплоутилизатор, отличается тем, что для утилизации тепла, образующегося при хранении растительного сырья повышенной влажности, применен контейнер, выполненный из металлических листов с отверстиями и помещенный в бетонированный приямок с лотком, сокосборником и стояком, система нагнетания, выполненная из цельной трубы со встроенным насо-

сом и перфорированных труб для подачи воздуха к растительному сырью с целью удаления из него избыточного тепла, и система воздухоотведения, состоящая из трубы с вентиляем и фильтром, для удаления нагретого воздуха.

Применение теплоутилизатора позволит удалять избыточное тепло, образующееся под действием микробиологических процессов, и жидкую фракцию из хранящегося растительного материала повышенной влажности.

Конструктивно теплоутилизатор (рисунок 5.4) состоит из контейнера 1, выполненного из металлических листов с отверстиями 2 и помещенного в бетонированный приямок 3 с лотком 4, сокоборником 5 и вертикальным стояком 6, системы нагнетания, выполненной из цельной трубы 7 со встроенным насосом 8 и перфорированных труб 9 для подачи воздуха к растительному сырью повышенной влажности, системы воздухоотведения, состоящей из трубы 10 со встроенным фильтром 11 и вентиляем 12 для удаления нагретого воздуха.

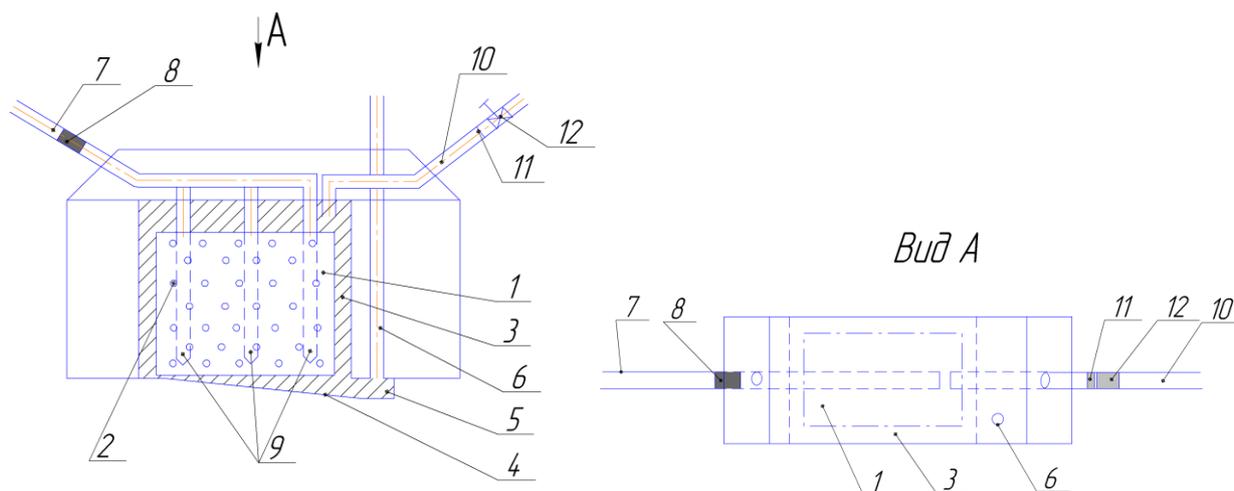


Рисунок 5.4 - Теплоутилизатор

Контейнер заполняют растительным материалом повышенной влажности (силосом, сенажом, опилками, отходами кормов и пр.), который при хранении самосогревается под действием микробиологических процессов, через определенное время с помощью встроенного насоса системы нагнетания подают воздух через перфорированные трубы в нижнюю часть контейнера, при этом теплый воздух выдавливается из растительного сырья и удаляется через отверстия в стенках контейнера с помощью открытого вентиля по системе воздухоотведе-

ния со встроенным фильтром. По наклонному лотку жидкая фракция, поступающая из контейнера через отверстия, стекает в сокосборник, откуда через вертикальный стояк периодически откачивается. После удаления теплого воздуха из растительного сырья вентиль системы воздухоотведения закрывают. По мере необходимости процесс повторяется. Таким образом, происходит утилизация тепла и влаги, образующихся в процессе хранения растительного сырья повышенной влажности.

6 Доминирующие факторы при компостировании

6.1 Методика определения доминирующих факторов компостирования

Определение доминирующих факторов процесса компостирования растительного сырья на площадке выполнено по методике анкетного опроса специалистов [30, 49]. Анкетирование проводилось среди специалистов в области агрономии. В анкете в алфавитном порядке были предложены следующие факторы: влажность сырья, время разогревания сырья, кислотность, объём бурта, плотность сырья, размер частиц, состав сырья, температура компоста. Анкеты обрабатывались по общепринятой методике. Экспертами факторы располагались в порядке значимости, от наиболее значимых до наименее значимых для качественного приготовления компоста.

Оценка согласованности мнений специалистов проводилась по коэффициенту конкордации, значимость которого устанавливается с помощью критерия Пирсона [30].

Показатели рейтинговой оценки D_j определялись по формуле

$$D_j = \sum_{i=1}^m X_i - \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m X_{ij}}{n}, \quad (6.1)$$

$$S = \sum_{j=1}^n D_j^2, \quad (6.2)$$

где m – число опрашиваемых экспертов;

n – число факторов;

S – сумма квадратов отклонений суммы рангов каждого фактора от среднеарифметического ранга;

X_{ij} – ранг j -го фактора у i -го эксперта.

Коэффициент конкордации (согласованности) определялся по формуле

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12}m^2(n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i}, \quad (6.3)$$

где S – сумма квадратов отклонений

$$S = \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^m a_{ij} - L \right)^2, \quad (6.4)$$

где a_{ij} – ранг i – го фактора у j – го специалиста;

L – среднее значение Σ рангов по каждому фактору

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}}{n}, \quad (6.5)$$

где T_i – величина, учитывающая наличие связанных рангов

$$T_i = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^n (t^3 - t), \quad (6.6)$$

где t - число связанных рангов в каждом столбце матрицы рангов.

Критерий χ^2 (распределение Пирсона) определялся по формуле

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12}m \cdot n \cdot (n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^m T_i}. \quad (6.7)$$

Если расчетное значение критерия Пирсона больше табличного для 5 % уровня и числа степеней свободы $f = n-1$, можно утверждать о согласованности мнений участвующих в анкетном опросе [97].

6.2 Результаты априорного отсеивания факторов, влияющих на процесс компостирования

Основными факторами, выбранными для экспертной оценки, являлись: влажность сырья (X_1), время разогревания сырья (X_2), кислотность (X_3), объем бурта (X_4), размер частиц (X_5), состав сырья (X_6), температура компоста (X_7), плотность сырья (X_8). Оценка значимости данных параметров модели проводилась методом ранговой корреляции [127]. Каждый фактор имеет ряд градаций (рангов): если он наиболее значим - ему присваивается ранг 1, менее значимому – ранг 8. На основе данных анкетного опроса составлялась сводная матрица рангов (таблица 6.2), которая затем переформировывалась, т.к. в матрице имеются связанные ранги (таблица 6.3).

Таблица 6.1 – Анкета для выявления доминирующих факторов при компостировании

№ п/п	Фактор при компостировании	
1	Влажность сырья	
2	Время разогревания сырья	
3	Кислотность	
4	Объём бурта	
5	Плотность сырья	
6	Размер частиц	
7	Состав сырья	
8	Температура компоста	

Расставить нумерацию факторов, влияющих на приготовление компоста, по степени значимости.

Таблица 6.2 – Матрица ранжирования

Параметры (факторы компостирования)	Опрашиваемые эксперты														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
влажность (X_1)	1	3	3	2	2	2	6	3	4	2	2	3	2	3	3
время (X_2)	5	4	5	4	5	3	2	2	3	3	3	2	3	2	4
кислотность (X_3)	4	6	6	5	4	3	4	4	4	3	3	3	3	3	2
объем бурта (X_4)	8	5	4	7	6	4	7	5	5	4	4	4	5	4	4
размер частиц (X_5)	7	7	8	8	8	6	1	6	6	5	5	6	4	5	5
состав сырья (X_6)	2	1	1	1	3	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1
температура (X_7)	2	2	2	2	1	2	8	2	2	2	2	2	2	2	2
плотность (X_8)	6	8	7	6	7	5	5	7	7	5	5	5	6	5	5

Таблица 6.3 – Переформирование рангов

Показатели	Расположение рангов в упорядоченном ряду							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Эксперт 1	1	2,5	2,5	4	5	6	7	8
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X_1	X_6	X_7	X_3	X_2	X_8	X_5	X_4
Эксперт 2	1	2	3	4	5	6	7	8
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X_6	X_7	X_1	X_2	X_4	X_3	X_5	X_8
Эксперт 3	1	2	3	4	5	6	7	8
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X_6	X_7	X_1	X_4	X_2	X_3	X_8	X_5
Эксперт 4	1	2,5	2,5	4	5	6	7	8
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X_6	X_1	X_7	X_2	X_3	X_8	X_4	X_5
Эксперт 5	1	2	3	4	5	6	7	8

Продолжение таблицы 6.3

Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X ₇	X ₁	X ₆	X ₃	X ₂	X ₄	X ₈	X ₅
Эксперт 6	1	3,5	3,5	4,5	4,5	5,5	6,5	7
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X ₆	X ₁	X ₇	X ₂	X ₃	X ₄	X ₈	X ₅
Эксперт 7	1	2	3	4	5	6	7	8
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X ₅	X ₂	X ₆	X ₃	X ₈	X ₁	X ₄	X ₇
Эксперт 8	1	2,5	2,5	3,5	4,5	6,5	7,5	8
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X ₆	X ₂	X ₇	X ₁	X ₃	X ₄	X ₅	X ₈
Эксперт 9	1,5	2,5	3,5	4,5	4,5	5,5	6,5	7,5
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X ₆	X ₇	X ₂	X ₁	X ₃	X ₄	X ₅	X ₈
Эксперт 10	1,5	3,5	3,5	4,5	4,5	5,5	6,5	6,5
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X ₆	X ₁	X ₇	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₈
Эксперт 11	1	3,5	3,5	4,5	4,5	5,5	6	7,5
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X ₆	X ₁	X ₇	X ₂	X ₃	X ₄	X ₈	X ₅
Эксперт 12	1	3,5	3,5	4,5	4,5	5,5	6,5	7
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X ₆	X ₂	X ₇	X ₁	X ₃	X ₄	X ₈	X ₅
Эксперт 13	1	3,5	3,5	4,5	4,5	5,5	6,5	7
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X ₆	X ₁	X ₇	X ₂	X ₃	X ₅	X ₄	X ₈
Эксперт 14	1,5	3,5	3,5	4,5	4,5	5,5	6,5	6,5
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X ₆	X ₂	X ₇	X ₁	X ₃	X ₄	X ₅	X ₈
Эксперт 15	1,5	3,5	3,5	4,5	5,5	5,5	6	6
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X ₆	X ₃	X ₇	X ₁	X ₂	X ₄	X ₅	X ₈

С учетом значений переформированных рангов составлялась новая матрица рангов (таблица 6.4).

Таблица 6.4 – Новая матрица рангов

Параметры (факторы компостирования)	Опрашиваемые эксперты															Сумма рангов $\sum_{i=1}^m x_i$	D	D ²
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
влажность (X_1)	1	3	3	2,5	2	3,5	6	3,5	4,5	3,5	3,5	4,5	3,5	4,5	4,5	53	-14,5	210,5
время (X_2)	5	4	5	4	5	4,5	2	2,5	3,5	4,5	4,5	3,5	4,5	3,5	5,5	61,5	-6	36
кислотность (X_3)	4	6	6	5	4	4,5	4	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	3,5	68,5	1	1
объем бурта (X_4)	8	5	4	7	6	5,5	7	6,5	5,5	5,5	5,5	5,5	6,5	5,5	5,5	88,5	21	441
размер частиц (X_5)	7	7	8	8	8	7	1	7,5	6,5	6,5	7,5	7	5,5	6,5	6	99	31,5	992,5
состав сырья (X_6)	2,5	1	1	1	3	1	3	1	1,5	1,5	1	1	1	1,5	1,5	22,5	-45	2025
температура (X_7)	2,5	2	2	2,5	1	3,5	8	2,5	2,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	47,5	-20	400
плотность (X_8)	6	8	7	6	7	6,5	5	7,5	7,5	6,5	6,5	6,5	7	6,5	6	99,5	32	1024
Сумма $\sum_{j=1}^n X_j$	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	540	0	5129,5

Проверка правильности составления матрицы, выполненная на основе исчисления контрольной суммы ($\sum_{j=1}^n X_j = 36$), показала, что суммы всех столбцов матрицы равны между собой и контрольной сумме, следовательно, матрица составлена правильно. Согласно условиям ранжирования факторы с наименьшей суммой рангов имеют наибольшее значение, а факторы с наибольшей суммой рангов оцениваются как наименее важные. Распределение факторов по значимости, представлено в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Распределение факторов по значимости

Факторы компостирования	Сумма рангов
состав сырья (X6)	22,5
температура компоста (X7)	47,5
влажность сырья (X1)	53
время разогревания сырья (X2)	61,5
кислотность (X3)	68,5
объем бурта (X4)	88,5
размер частиц (X5)	99
плотность сырья (X8)	99,5

Средняя априорная диаграмма рангов приведена на рисунке 6.1.

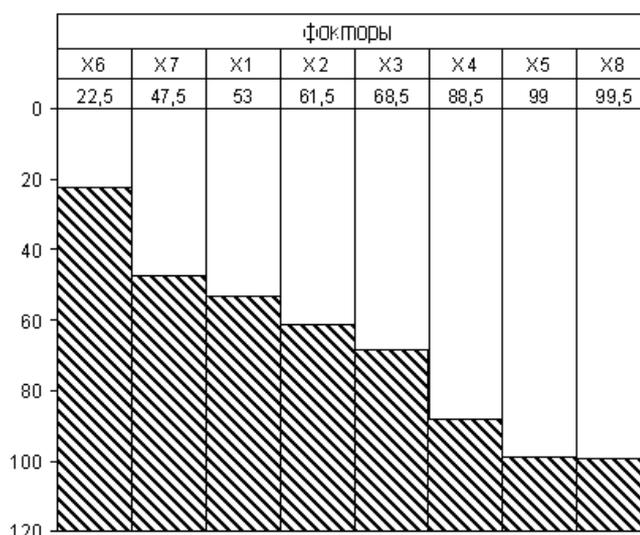


Рисунок 6.1 – Средняя априорная диаграмма рангов

Из априорной диаграммы рангов (рисунок 4.1) видно, что наиболее согласовано мнение специалистов по следующим факторам, влияющим на процесс компостирования растительных материалов: состав сырья, температура компоста, влажность сырья, время разогревания и кислотность. Полученные оценки факторов можно считать достаточно надежными только при условии хорошей согласованности экспертов, для чего было произведено обобщение их мнений (оценка средней согласованности мнений) путем вычисления коэффициента конкордации W . Коэффициент конкордации может принимать значения от 0 (при отсутствии согласованности) до 1 (при полной согласованности мнений). Поскольку в матрице имеются связанные ранги, то коэффициент конкордации W рассчитывался по формуле (3.3). При $\sum_{i=1}^m T_i = 10,5$ он равен $W=0,55$. Значение $W=0,55$ говорит о наличии определенной степени согласованности мнений работников. Существенность значения коэффициента конкордации устанавливается с помощью критерия χ^2 (распределение Пирсона), который вычисляется по формуле (3.7) при наличии связанных рангов.

Значение χ^2 сравнивают с его табличным значением для соответствующего числа степеней свободы $f = n-1$ (числа данных факторов из выборки, значения которых могут быть случайными) и при заданном уровне достоверности $p=0,05$ (надежность 95 %). По таблице критических точек распределения Пирсона по уровню значимости $p=0,05$ и числу степеней свободы $k=8-1=7$ находим критическую точку $\chi^2_{\text{табл}}(0,05;7) = 14,07$, $\chi^2_{\text{расч.}} = 57,96$.

При $\chi^2_{\text{расч.}} > \chi^2_{\text{табл.}}$ степень согласия между экспертами не вызывает сомнения. Так как $\chi^2_{\text{расч.}} = 57,96 > \chi^2_{\text{табл.}} = 14,07$, то значение $W = 0,55$ действительно характеризует наличие достаточно высокой степени согласованности мнений экспертов по значимости для компостирования таких факторов как состав сырья, температура компоста, влажность сырья, время разогревания и кислотность.

6.3 Результаты исследования свойств растительных материалов

Так как при экспертном опросе был выявлен как наиболее значимый для процесса компостирования фактор - состав исходного сырья, нами проведены исследования по компостированию различных растительных (древесных и недревесных) материалов. При изучении физических, химических и механических свойств растительных материалов использовали следующие растительные материалы: лиственный опад, скошенную газонную траву и сорные растения (клевер, крапива, лебеда, щирца, чистотел, пырей и пр.), обрезь плодовых деревьев и кустарников (яблоня, груша, войлочная вишня, вишня-шпанка и др.). Для изучения режимов компостирования в экспериментальной установке и ручным способом было использовано растительное сырье с размерами частиц от 10 до 50 мм.

Для определения однородности перемешивания в экспериментальной установке с ворошителем битерного типа были использованы древесные частицы (стружка) размером 20x20 мм и массой от 1 до 5 г (рисунок 6.2).

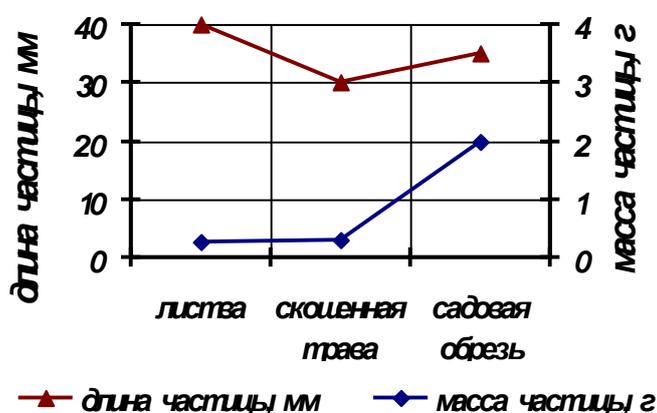


Рисунок 6.2 – Средний размер частиц растительного материала, закладываемых в компост при лабораторном и полевом экспериментах

Из рисунка 6.2 можно сделать вывод, что максимальная средняя длина и масса частиц, закладываемых на компост, составляет 40 мм (опавшая листва) и 2 г (садовая обрезь), соответственно, а минимальная средняя длина и масса частиц - 30 мм (скошенная трава) и 0,3 г (опавшая листва).

Средняя длина стружки, применяемой для определения однородности перемешивания, составила 18 мм, средняя масса – 3 г.

Результаты определения скорости витания частиц растительного сырья представлены на рисунке 6.3.

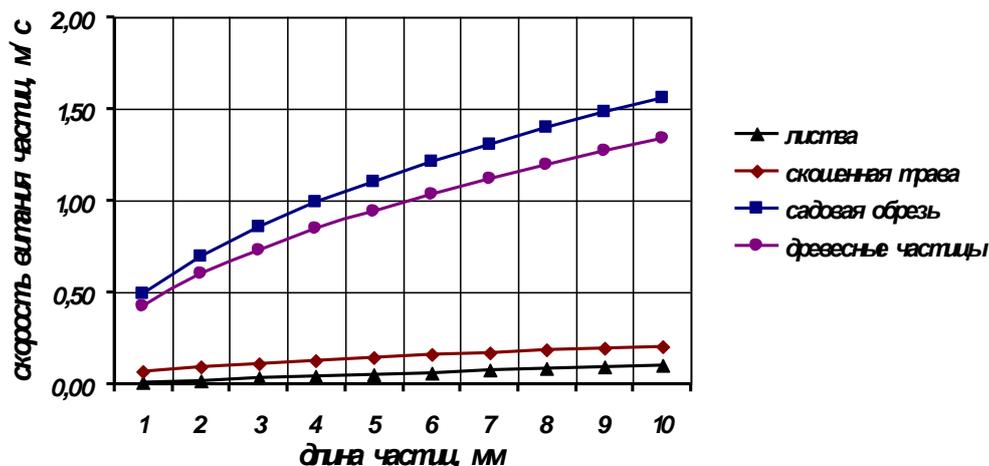


Рисунок 6.3 – Зависимость скорости витания частиц от их длины

Анализируя рисунок 6.4, делаем вывод о том, что чем выше скорость витания частиц, тем больше вероятность многократного соприкосновения с рабочим органом и полнее перемешивание. Максимальные значения скорости витания были зафиксированы у частиц древесной обрезки.

Результаты определения влажности и угла естественного откоса различного растительного сырья, предварительно измельченного на отрезки 10 – 50 мм, приведены на рисунке 6.5.

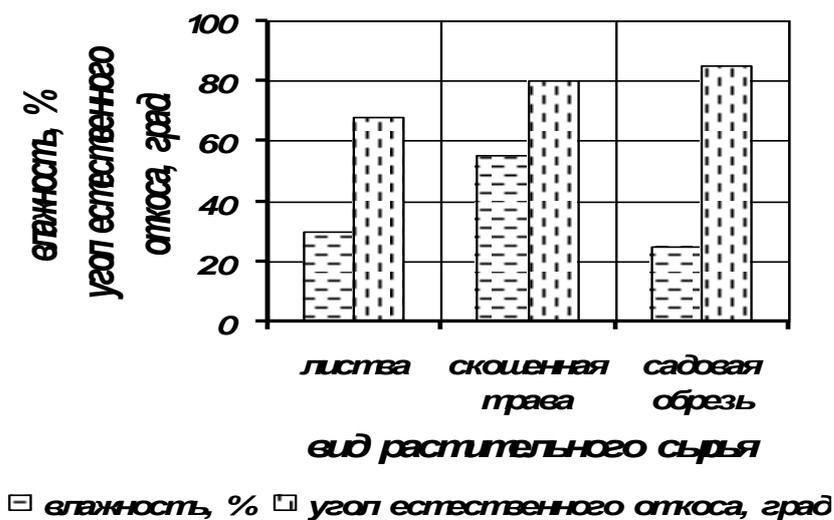


Рисунок 6.5 – Зависимость влажности и угла естественного откоса от вида растительного сырья

Из рисунка 6.5 видно, что максимальная влажность (55 %) характерна для свежескошенной травы, у листвы и садовой обрезки влажность вдвое ниже (25-30 %). Полученные значения влажности позволяют сделать вывод о том, что среда достаточно однородна. Максимальный угол естественного откоса у садовой обрезки (85°), чуть ниже (80°) у скошенной травы и минимальный у листового опада (70°).

Значения насыпной и объемной плотности растительного сырья, измельченного на отрезки 10 – 50 мм, приведены на рисунке 6.6.

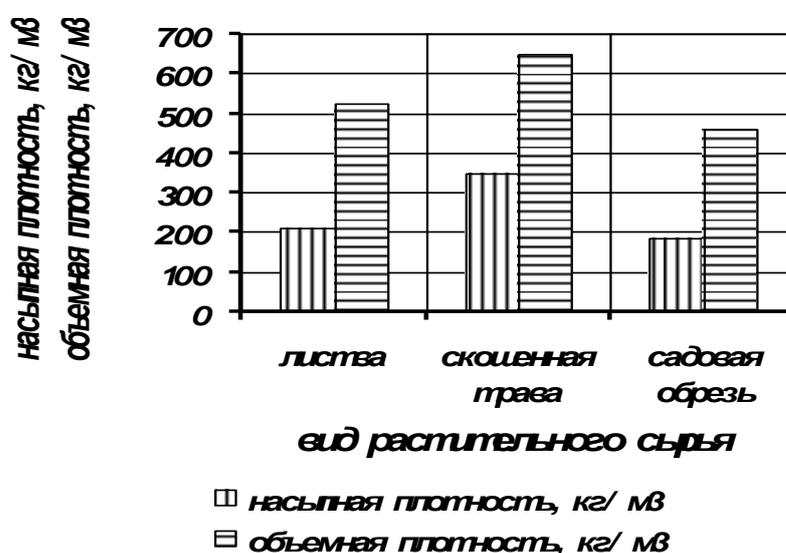


Рисунок 6.6 – Зависимость насыпной и объемной плотности от вида растительного сырья

Анализ рисунка 6.6 показывает, что объемная и насыпная плотность скошенной травы значительно выше, чем у листвы и садовой обрезки и составляет 650 и 350 кг/м³, соответственно.

Обобщая вышеизложенное, можно заключить, что влажность растительного сырья во всех образцах находится в оптимальных для компостирования пределах (30...60 %). Высокие значения насыпной и объемной плотности у скошенной травы указывают на необходимость её тщательного перемешивания для предотвращения слеживаемости и для насыщения массы кислородом. Спо-

способствовать более тщательному перемешиванию будут частицы древесной обрести, имеющие более высокие значения скоростей витания.

6.4 Результаты исследования технологических приемов компостирования

Важным условием созревания компоста является его температурный режим. Доступ кислорода и равномерный прогрев обеспечивается тщательным равномерным перемешиванием компостируемого материала. На основании проведенных исследований построены графики изменения температуры в пробах заложенного сырья в зависимости от условий компостирования (рисунок 6.7).

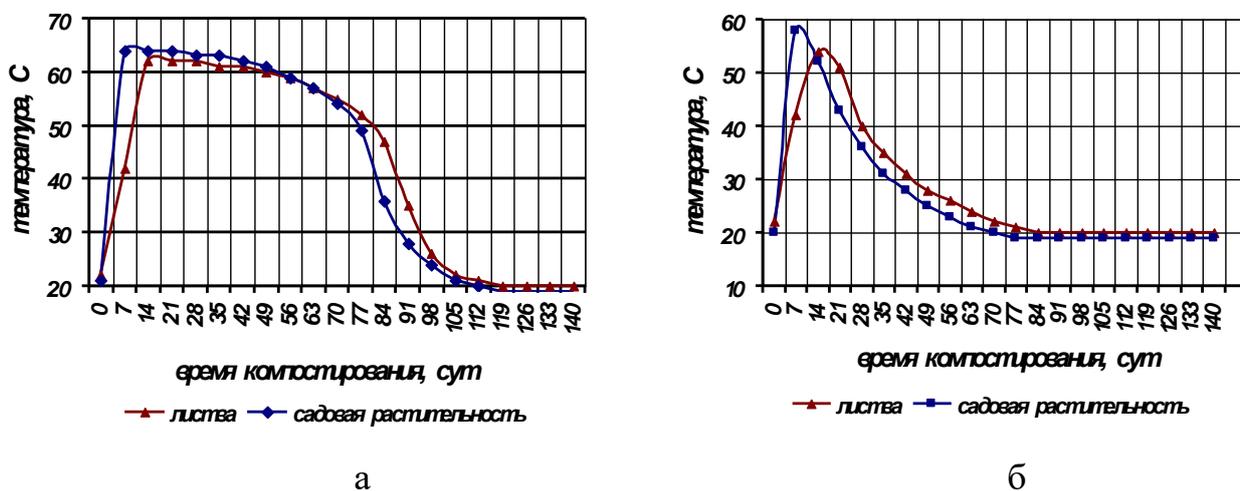


Рисунок 6.7 – Зависимость изменения температуры в пробах с регулярным ворошением и аэрацией (а) и в пробах без ворошения и аэрации (б)

Анализируя рисунок 6.7а, можно сделать вывод о том, что при регулярном ворошении и аэрации высокая температура (выше 50 °С) поддерживается на протяжении 10 недель, что ускоряет процесс разложения растительного материала.

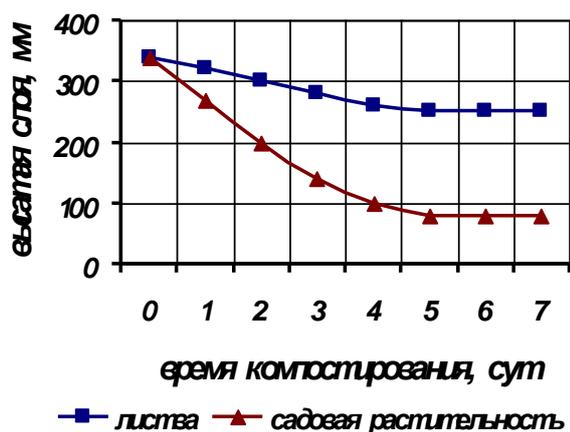
Анализируя рисунок 6.7б, можно сделать вывод о том, что разогрев массы, достигнув своего максимального значения, без ворошения и аэрации начинает уменьшаться через 2,5 недели, тем самым замедляя процесс разложения. Кроме того, по истечении 10 суток в емкостях, которые были изолированы от

доступа воздуха, появилась плесень (рисунок 6.8) и характерный запах, свидетельствующий о том, что в них идет процесс гниения.

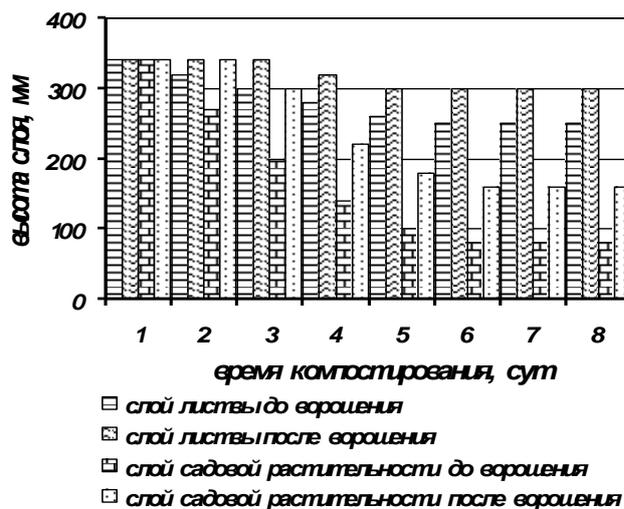


Рисунок 6.8 – Образование плесени на растительном сырье

Кроме исследования температурного режима на различных фазах компостирования нами был изучен процесс оседания растительного материала в лабораторных емкостях с ворошением и без ворошения, позволяющий оценить обеспеченность кислородом растительной массы при ее ферментативном разложении. На основании методики, приведенной в п. 3.2, построены графики изменения высоты растительного слоя (рисунок 6.9) в зависимости от длительности и условий компостирования.



а



б

Рисунок 6.9 – Изменение высоты слоя растительного сырья в контрольных емкостях без ворошения (а) и в емкостях с ворошением

Из рисунков 6.9а и 6.9б видно, что лиственный опад менее подвержен оседанию, как без ворошения, так и при наличии ворошения. Другие растительные материалы (скошенная трава, сорные растения и пр.) без ворошения существенно слеживаются, что затрудняет проникновение кислорода воздуха в толщу материала и, как следствие, увеличивает срок разложения и может вызывать гниение, особенно в середине бурта.

Кроме лабораторных опытов, изменение температуры исследовалось в полевом опыте согласно ранее приведенной методике. Изменение температуры в полевом компостере в зависимости от размещения термометра и с учетом продолжительности компостирования представлено на рисунках 6.11 и 6.12. Среднесуточная температура окружающей среды колебалась от 15 до 20°C. Ручное ворошение (перебивка) производилось через 6 суток (рисунок 6.10) и через 3 суток (рисунок 6.11).

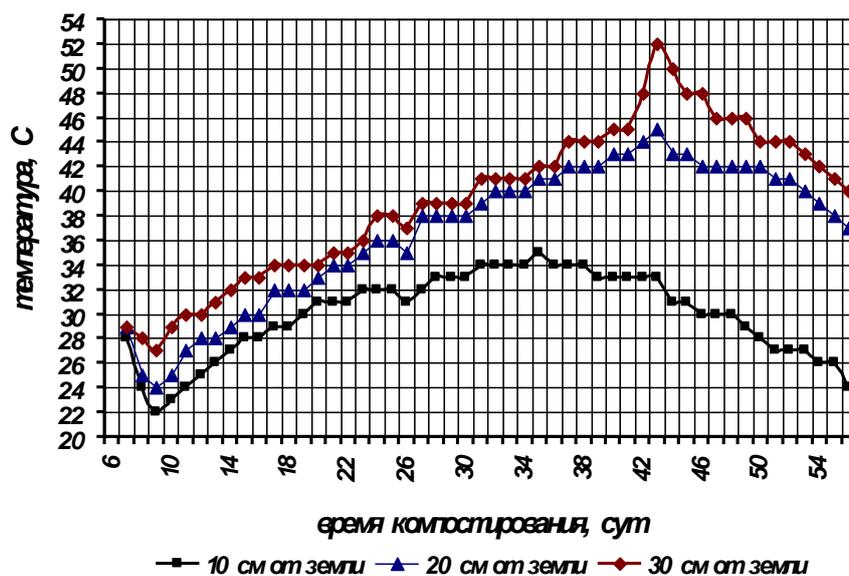


Рисунок 6.10 – Зависимость изменения температуры растительного материала при размещении термометра на различной высоте слоя

Анализируя рисунок 6.10, делаем вывод о том, что в полевом компостере на 43–45 сутки на уровне 20–30 см от земли (средний слой бурта) наблюдается максимальный разогрев компостируемой массы (44–52 °C). Для всех слоев ха-

рактельны плавные кривые роста температуры с незначительными перепадами в промежутках между ворошением. В слое 10 см от уровня земли температура не поднималась выше 35 °С, что объясняется недостатком кислорода для активной деятельности микроорганизмов.



Рисунок 6.11 – Зависимость изменения температуры растительного материала при диагональном размещении термометра

Из рисунка 6.11 можно заключить, что ворошение через трое суток приводит к более быстрому разогреву растительной массы. Максимальный разогрев (45 °С) наблюдался уже на 24 сутки на уровне 30 см от земли, т.е. в средней точке компостного бурта (на пересечении диагоналей), но дальнейшего роста температуры отмечено не было.

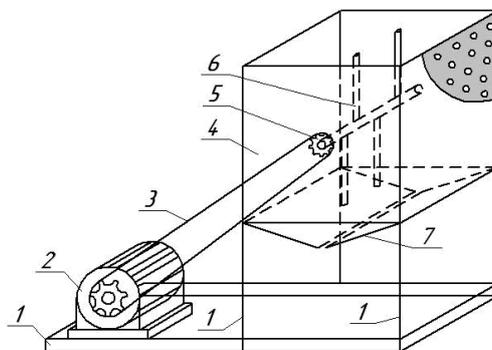
Представленные результаты позволяют сделать вывод о том, что для прогрева всего объема бурта требуется тщательное перемешивание материала в горизонтальной и вертикальной плоскостях с периодичностью один раз в 6 суток.

7 Установка для приготовления компоста

Для исключения прямого контакта с компостируемым материалом, нами предлагается установка для компостирования

Конструктивно установка (рисунок 7.1) состоит из контейнера, закрепленного на раме; с боковыми стенками, выполненными из перфорированных металлических листов; с двухстворчатым днищем; дополнительными боковы-

ми створками, закрепленными рояльными петлями со створками днища и боковыми стенками контейнера; с замками-защелками, закрывающими створки днища; с защелками, закрывающими дополнительные боковые створки; с роликами, служащими для перемещения контейнера в горизонтальной плоскости и ворошителем битерного типа, состоящим из горизонтального вала с пальцами.



1 – рама, 2 – электродвигатель, 3 – цепная передача, 4 – контейнер,
5 – вал, 6 – пальцы, 7 – створки днища

Рисунок 7.1 – Схема установки с ворошителем для приготовления компоста

Устройство работает следующим образом. При закрытых боковых створках и закрытых створках днища контейнер заполняют растительным материалом, предназначенным для компостирования. Для равномерного перемешивания растительной массы приводят в действие битерный ворошитель, соединенный с электродвигателем посредством цепной передачи. При работе ворошителя в контейнере с закругленным днищем образование «мертвых зон» не происходит. Порционная выгрузка по мере приготовления компоста производится через дополнительные боковые створки. Выгрузка всего объема готового компоста по истечении срока компостирования может осуществляться через открывающиеся створки днища самотеком.

Исследуя смесительные установки с различными принципами воздействия на материал (ротационные, механические, пневматические, комбинированные), авторы получают порой совершенно противоположные результаты.

При изучении вопроса перемешивания установлено, что процесс осуществляется путем сдвига или скольжения, распределения частиц по вновь

сформированной поверхности и переноса частиц из одного размещения в другое. Смесители принято классифицировать по способу образования массы на устройства с организованным, послойно-устойчивым и хаотическим массообразованием, а наиболее целесообразной траекторией движения частиц принято считать горизонтальную и вертикальную [45].

Так как в процессе ворошения материала битерным рабочим органом происходит одновременно и его перемешивание, рассмотрим теоретические вопросы смешивания растительных материалов. Ими занимались Кукта Г.М., Макаров Ю.И. Мурусидзе Д.Н., Коба В.Г., Брагинец Н.В., Некрашевич В.Ф. Мельников С.В. Однако вопрос перемешивания материала в процессе компостирования в стационарных устройствах изучен недостаточно.

7.1 Результат априорного отсеивания факторов влияющими на однородность перемешивания

Основными факторами, влияющими на однородность перемешивания и выбранными для анкетного опроса, являлись: влажность зеленой массы (X_1), диаметр пальца (X_2), длина пальца (X_3), длина частиц зеленой массы (X_4), длина частиц обрезки (X_5), однородность фракционного состава (X_6), длина стороны контейнера (X_7), частота оборотов (X_8), шаг пальцев (X_9). Оценка значимости данных параметров модели проводилась методом ранговой корреляции. Каждый фактор имеет ряд градаций (рангов): если он наиболее значим - ему присваивается ранг 1, менее значимому – ранг 8. По данным анкетного опроса составлялась сводная матрица рангов (табл. 5, прилож. В), которая затем переформировывалась, т.к. в матрице имеются связанные ранги (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Переформирование рангов

Показатели	Расположение рангов в упорядоченном ряду								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Эксперт 1	2,5	4	4	4,5	4,5	5,5	5,5	6,5	8
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X2	X5	X9	X6	X8	X3	X4	X7	X1
Эксперт 2	2	3	3	4	4,5	5	7	8	8,5
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X8	X9	X5	X2	X6	X3	X4	X7	X1
Эксперт 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X8	X9	X2	X5	X3	X1	X4	X6	X7
Эксперт 4	1,5	2,5	3,5	4,5	4,5	5,5	7	7,5	8,5
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X2	X8	X9	X3	X4	X5	X1	X6	X7
Эксперт 5	2,5	2,5	3,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	9
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X2	X5	X8	X9	X1	X3	X6	X4	X7
Эксперт 6	2,5	2,5	3,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	9
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X8	X9	X2	X5	X1	X6	X4	X3	X7
Эксперт 7	2,5	2,5	3,5	3,5	4,5	6	6,5	8	8
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X8	X5	X6	X9	X2	X1	X3	X4	X7
Эксперт 8	3,5	3,5	3,5	3,5	4	5,5	6,5	7,5	7,5
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X2	X5	X8	X9	X3	X4	X6	X7	X1
Эксперт 9	4	4	4	4	5	5	5	6,5	7,5
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X2	X5	X8	X9	X1	X3	X4	X6	X7
Эксперт 10	2,5	3,5	3,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7	8,5
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X2	X5	X8	X9	X1	X3	X4	X6	X7

Продолжение таблицы 7.1

Эксперт 11	2,5	2,5	3,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	9
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X2	X8	X3	X5	X9	X6	X7	X1	X4
Эксперт 12	3,5	3,5	3,5	3,5	4	5	6	7,5	8,5
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X2	X3	X8	X9	X5	X4	X6	X7	X1
Эксперт 13	2,5	2,5	3,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	9
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X8	X5	X2	X9	X7	X4	X3	X6	X1
Эксперт 14	2	3	4	4	4	5	6,5	7,5	9
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X9	X8	X2	X3	X5	X4	X6	X7	X1
Эксперт 15	3,5	3,5	3,5	3,5	5,5	6	6	6	7,5
Расположение факторов по оценке опрашиваемого эксперта	X2	X5	X8	X9	X3	X4	X6	X7	X1

С учетом значений переформированных рангов составлялась новая матрица рангов (таблица 7.2).

Таблица 7.2 - Новая матрица рангов

Параметры (факторы компостирования)	Опрашиваемые эксперты															Сумма рангов $\sum_{i=1}^m X_i$	D	D2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
влажность зеленой массы (X1)	8	8,5	6	7	4,5	4,5	6	7,5	5	5,5	7,5	8,5	9	9	7,5	104	29,0	841,00
диаметр пальца (X2)	2,5	4	3	1,5	2,5	3,5	4,5	3,5	4	2,5	2,5	3,5	3,5	4	3,5	48,5	-26,5	702,25
длина пальца (X3)	5,5	5	5	4,5	5,5	7,5	6,5	4	5	4,5	3,5	3,5	6,5	4	5,5	76	1,0	1,00
длина частиц зел. массы (X4)	5,5	7	7	4,5	7,5	6,5	8	5,5	5	6,5	9	5	5,5	5	6	93,5	18,5	342,25
длина частиц обрезки (X5)	4	3	4	5,5	2,5	3,5	2,5	3,5	4	3,5	3,5	4	2,5	4	3,5	53,5	-21,5	462,25
однородность фракционного (X6)	4,5	4,5	8	7,5	6,5	5,5	3,5	6,5	6,5	7	5,5	6	7,5	6,5	6	91,5	16,5	272,25

Продолжение таблицы 7.2

расстояние от основания контакта (X7)	6,5	8	9	8,5	9	9	8	7,5	7,5	8,5	6,5	7,5	4,5	7,5	6	113,5	38,5	1482,25
частота оборотов (X8)	4,5	2	1	2,5	3,5	2,5	2,5	3,5	4	3,5	2,5	3,5	2,5	3	3,5	44,5	-30,5	930,25
шаг пальцев (X9)	4	3	2	3,5	3,5	2,5	3,5	3,5	4	3,5	4,5	3,5	3,5	2	3,5	50	-25,0	625,00
сумма $\sum_{j=1}^n X_j$	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	675	0,0	5658,50

Проверка правильности составления матрицы, выполненная на основе исчисления контрольной суммы $\sum_{j=1}^n X_j = 45$, показала, что суммы всех столбцов матрицы равны между собой и контрольной сумме, следовательно, матрица составлена правильно. Согласно условиям ранжирования факторы с наименьшей суммой рангов имеют наибольшее значение, а факторы с наибольшей суммой рангов оцениваются как наименее важные. Распределение факторов по значимости приобретает вид, представленный в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Распределение факторов по значимости

Факторы	Сумма рангов
частота оборотов (X8)	44,5
диаметр пальца (X2)	48,5
шаг пальцев (X9)	50
длина частиц обреза (X5)	53,5
длина пальца (X3)	76
однородность фракционного состава (X6)	91,5
длина частиц зеленой массы (X4)	93,5
влажность зеленой массы (X1)	104
длина стороны контейнера (X7)	113,5

Средняя априорная диаграмма рангов приведена на рисунке 7.2.

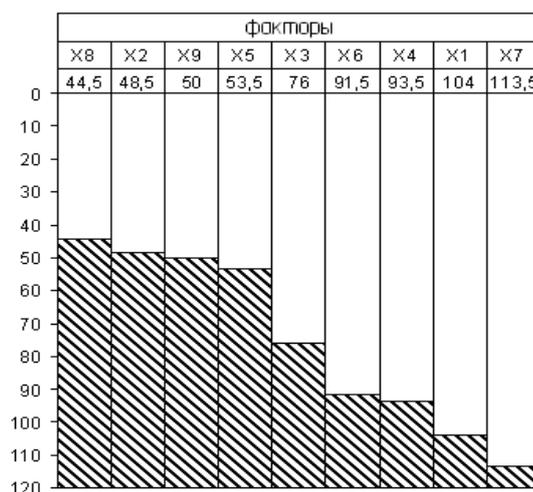


Рисунок 7.2 – Средняя априорная диаграмма рангов

Из априорной диаграммы рангов (рисунок 7.2) видно, что наиболее согласовано мнение специалистов по следующим факторам: частота оборотов, диаметр пальца, шаг пальцев, длина частиц обреза. Однако, нельзя не учитывать такой фактор, как длина пальца. Поэтому, он также включен нами в дальнейшее рассмотрение.

Коэффициент конкордации W , рассчитанный по формуле (3.3), при $\sum_{i=1}^m T_i = 36$ равен $W = 0,43$. Значение $W=0,43$ говорит о наличии определенной степени согласованности мнений работников. Существенность значения коэффициента конкордации устанавливают с помощью критерия χ^2 (распределение Пирсона), который вычисляется по формуле (3.7) (при наличии связанных рангов). Значение χ^2 сравнивают с его табличным значением для соответствующего числа степеней свободы $f = n - 1$ (числа данных факторов из выборки, значения которых могут быть случайными) и при заданном уровне достоверности $p=0,05$ (надежность 95 %). По таблице критических точек распределения Пирсона по уровню значимости $p=0,05$ и числу степеней свободы $k = 9 - 1 = 8$ находим критическую точку $\chi^2_{табл.} = 15,51$, $\chi^2_{расч.} = 52,39$. При $\chi^2_{расч.} > \chi^2_{табл.}$ степень согласия между экспертами не вызывает сомнения. Так как $\chi^2_{расч.} = 52,39 > \chi^2_{табл.} = 15,51$, то значение $W=0,43$ есть величина, которая действительно характеризует наличие достаточно высокой степени согласованности мнений экспертов по факторам, влияющим на работоспособность установки.

7.2 Процесс ворошения рабочим органом битерного типа

На процесс перемешивания битерным рабочим органом (ворошителем) будут влиять количество слоев материала и повторное их чередование, а также параметры битера (количество пальцев, длина, диаметр, частота вращения вала ворошителя, диаметр битера). Эти факторы могут оказывать на процесс смесеобразования различное действие: способствовать перераспределению частиц, тем самым повышая однородность смеси, либо вызывать сегрегацию, расслоение материала [23].

Смешивание послойно расположенных в подготовительном периоде компонентов рабочим органом ротационного типа в виде битера происходит в результате протаскивания пальцами частиц одного компонента в потоке другого при отделении их в межпальцевой зоне; перераспределения их и последовательного наложения частиц во время падения. Очевидно, что более качественная смесь может быть получена при создании условий интенсивного перераспределения частиц в межпальцевой зоне и полного наложения в момент падения их на формируемую поверхность. Взаимодействие частиц в межпальцевой зоне и дальнейшее перераспределение их будет определяться плотностью потока, частотой отбора пучков массы; углом поворота битера, при котором происходит сход частиц с пальца. Принимая, то, что растительный материал представляет собой совокупность частиц, имеющих формы цилиндра, куба, призмы и параллелепипеда (характеристики геометрических форм приведены в таблице 7.1), и они представлены в равных массовых долях, то коэффициент вязкости будет иметь следующую эмпирическую зависимость [35].

$$\eta_{сум} = 336 \cdot \eta_6 (1 + K_F \cdot \varphi_{м.ф}), \quad (7.1)$$

где K_F – коэффициент, зависящий от формы частиц и их упаковки (взаимного расположения), Па·с.

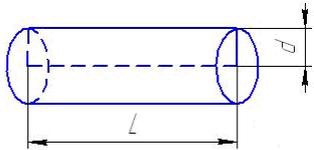
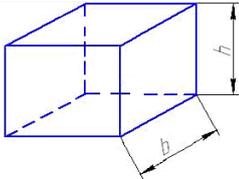
Учитывая усредненное значение коэффициента вязкости, можно записать

$$\eta_{сист} = 336 \cdot \eta_в (1 + 4,5 \cdot \varphi_{тв.ф}), \quad (7.2)$$

где $\varphi_{тв.ф}$ – дисперсность твердой фазы, %, $\varphi_{тв.ф} = 60 \dots 80$ %;

$\eta_в$ – вязкость воды, Па·с, $\eta_в = 8,94 \cdot 10^{-4}$.

Таблица 7.4 – Класс частиц и коэффициент, зависящий от формы и упаковки частиц

Форма частиц	Идеализированная форма частиц	Коэффициент, зависящий от формы частиц и их упаковки K_F
Игольчатая, волокнистая		4 (при условии $\frac{l}{d} = 10 \dots 50$)
Кубическая, призматическая		5 (при условии $\frac{h}{b} = 100 \dots 500$)

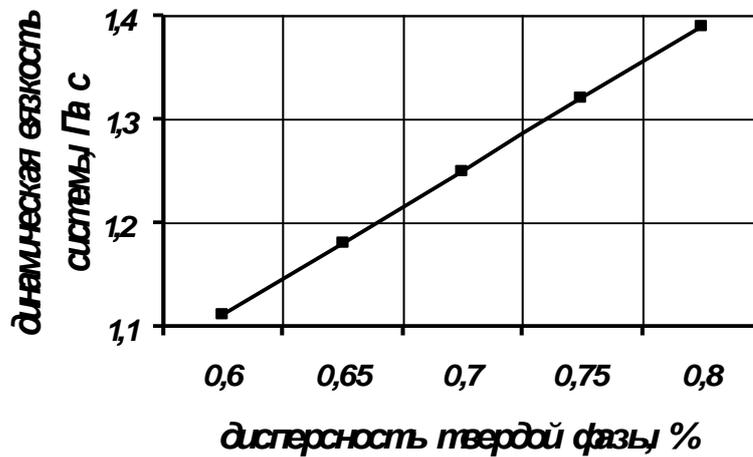


Рисунок 7.3 – Зависимость показателя динамической вязкости системы от дисперсности твердой фазы

Для теоретического анализа ворошителя приняты следующие допущения:

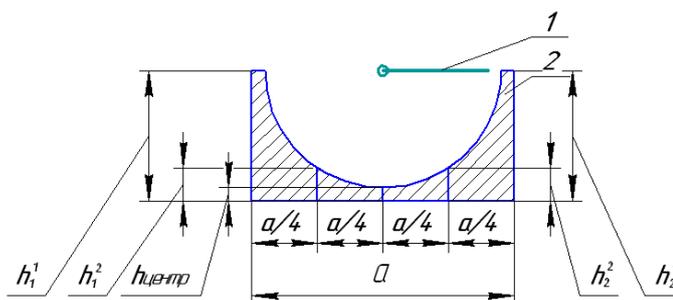
- масса однородна по размеру;
- отделение материала происходит пучками, каждый пучок рассматривается как неделимый объем;
- подача на каждый ряд

пальцев одинакова; - отделение материала происходит только под воздействием пальцев; - условия падения пучков, без учета высоты падения, одинаковы; - частота вращения битера постоянна.

7.3 Определение длины, шага и оптимального числа пальцев ворошителя

При определении доверительного интервала для слабоперемешиваемых зон, характеризуемых высотой «мертвой зоны», выделены следующие зоны: крайние зоны перемешивания $h_1^1, h_1^2, h_2^1, h_2^2$ и центральная $h_{центр}$ (рисунок 7.4).

Определение длины, шага и оптимального числа пальцев проведено в соответствии с методикой. Результаты расчетов приведены в таблицах 7.5 – 7.8.



1 – палец ворошителя, 2 – «мертвая зона»

Рисунок 7.4 – Схема к определению доверительного интервала для «мертвых зон»

Таблица 7.5 – Результаты определения доверительного интервала значений высот для определения длины пальцев ворошителя

Значения высот	Ранжированный ряд	x_{max} , мм	x_{min} , мм	Δ	$h_{Стэр}$, мм	m	h , мм	Границы интервалов
h_1^1, h_2^1	30, 37, 40, 42, 45, 47, 52, 53, 56, 57, 62, 65	65	30	35	7,63	6	7	[26,5; 33,5]
h_1^2, h_2^2	18, 20, 20, 21, 22, 26, 29, 30, 31, 34, 34, 37	37	18	19	4,15	6	4	[16; 20]
$h_{центр}$	1, 8, 9, 9, 10, 12	12	1	11	3,07	5	3	[0,5; 2,5]

Таблица 7.6 – Результаты определения численных характеристик выборки для определения длины пальцев ворошителя

Значения высот	x_{σ} мм	D_{σ} мм ²	σ , мм	V , %	Доверительный интервал
h_1^1, h_2^1	48,7	117,1	10,8	22,2	$42,3 < h_i^1 < 55,1$
h_1^2, h_2^2	27,2	34,8	5,9	21,7	$23,7 < h_i^2 < 30,7$
$h_{центр}$	8,33	11,76	3,42	41	$4,39 < h_{центр} < 12,27$

Таблица 7.7 – Интервалы разбиения для зон h_1^1, h_2^1

№	Интервал	Середины интервалов (новые варианты)	Частоты попадания в интервал n_i
1	[26,5;33,5]	30	1
2	[33,5; 40,5]	37	2
3	[40,5;47,5]	44	3
4	[47,5; 54,5]	51	2
5	[54,5; 61,5]	58	2
6	[61,5; 68,5]	65	2

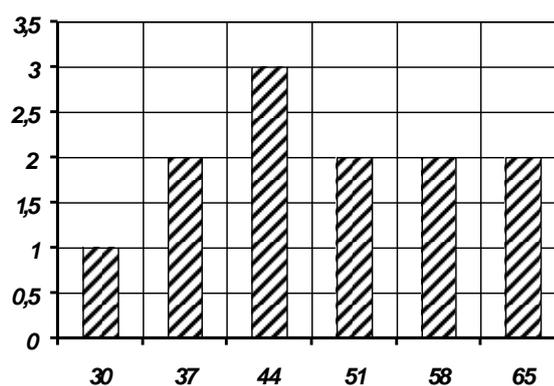


Рисунок 7.5 – Гистограмма распределения высот для зон h_1^1, h_2^1

Таблица 7.8 – Интервалы разбиения для зон h_1^2 , h_2^2

№	Интервал	Середины интервалов (новые варианты)	Частоты попадания в интервал n_i
1	[16,1;19,9]	18	1
2	[19,9; 23,7]	21,8	4
3	[23,7;27,5]	25,6	1
4	[27,5; 31,3]	29,4	2
5	[31,3; 35,1]	33,2	3
6	[35,1; 38,9]	37	1

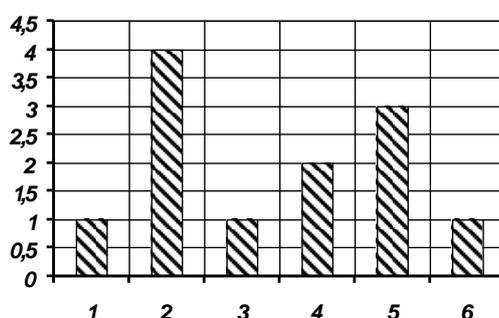


Рисунок 7.6 – Гистограмма распределения высот для зон h_1^2 , h_2^2

На основании расчетов объединим доверительные интервалы для каждой зон измерения и составим систему:

$$\begin{cases} 42,3 < h_i^1 < 55,1 \\ 23,7 < h_i^2 < 30,7 \\ 4,39 < h_{центр} < 12,27 \end{cases}$$

Анализируя таблицу 9 приложения В, можно сделать вывод, что первые два доверительных интервала высоты «мертвой зоны» охватывают отрезок значений длины пальца - [210; 220]. Третий доверительный интервал охватывает все экспериментальные значения длин пальцев, следовательно, учитывая переходное значение коэффициента вариации можно исключить данный доверительный интервал и основываться только на первых двух. Исключение третьего доверительного интервала обусловлено также тем, что центральная зона изме-

рения не играет существенной роли из-за интенсивного обсыпания растительного материала. Среднее значение длины пальца из интервала равно $l_{д\ddot{p}e} = \frac{210 + 220}{2} = 215$ мм. Полученный результат хорошо согласуется с теоретическими значениями.

Для определения экспериментальной зависимости длины пальца ворошителя от высоты «мертвой зоны» составлена таблица без учета $h_{центр}$ (таблица 7.9).

Таблица 7.9 - Интервалы разбиения для зоны $h_{центр}$

№	Интервал	Середины интервалов (новые варианты)	Частоты попадания в интервал n_i
1	[-0,375*;2,375]	1	1
2	[2,375; 5,125]	3,75	0
3	[5,125;7,875]	6,5	0
4	[7,875;10,625]	9,25	4
5	[10,625; 13,375]	12	1

-0.375*- условное значение, соответствующее высоте «незахватываемого слоя» равное нулю, так как высота не может быть отрицательной.

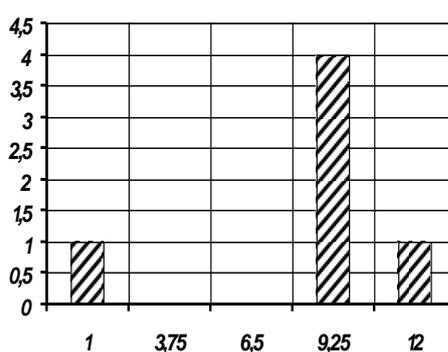


Рисунок 7.7 – Гистограмма распределения высот для зоны $h_{центр}$

Далее составлена таблица зависимости длины пальца $l_{пал}$ от среднего значения высоты «мертвой зоны» h_{cp} (таблица 7.10).

Таблица 7.10 - Зависимость длины пальца от среднего значения высоты «мертвой зоны»

$l_{нал}$, мм	190	200	210	220	230	235
$h_{ср}$, мм	49,5	44,5	41	35	30,75	26,25

Для удобства вычислений введены обозначения: $l_{нал} = y$; $h_{ср} = x$. Тогда уравнение линейной регрессии, выражающей корреляционную зависимость длины пальца ворошителя от среднего значения высоты «мертвой зоны», с учетом выборочных средних \bar{x}, \bar{y} , коэффициента линейной корреляции r , выборочных средних квадратических отклонений σ_x, σ_y и коэффициента линейной регрессии $r \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$, имеет вид $y - \bar{y} = r \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \cdot (x - \bar{x})$.

Для удобства составлена рабочая таблица (табл. 17, приложения В) и произведены вычисления в соответствии с методикой

$$\sigma_x^2 = \overline{x^2} - \bar{x}^2 = 1495,2 - (37,8)^2 = 66,4 \Rightarrow \sigma_x = \sqrt{66,4} = 8,15 ;$$

$$\sigma_y^2 = \overline{y^2} - \bar{y}^2 = 46120,83 - (214,2)^2 = 239,19 \Rightarrow \sigma_y = \sqrt{239,19} = 15,47 ;$$

$$r = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sigma_x \cdot \sigma_y} = \frac{7976 - 8096,76}{8,15 \cdot 15,47} \approx -0,96 ; r \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x} = -0,96 \cdot \frac{15,47}{8,15} \approx -1,82 .$$

После подстановки вычисленных значений уравнение линии регрессии имеет вид $y = 283 - 1,82 \cdot x$. В раскодированном виде $l_{нал} = 283 - 1,82 \cdot h_{ср}$.

График поля корреляции и прямой линии регрессии представлены на рисунок 7.8

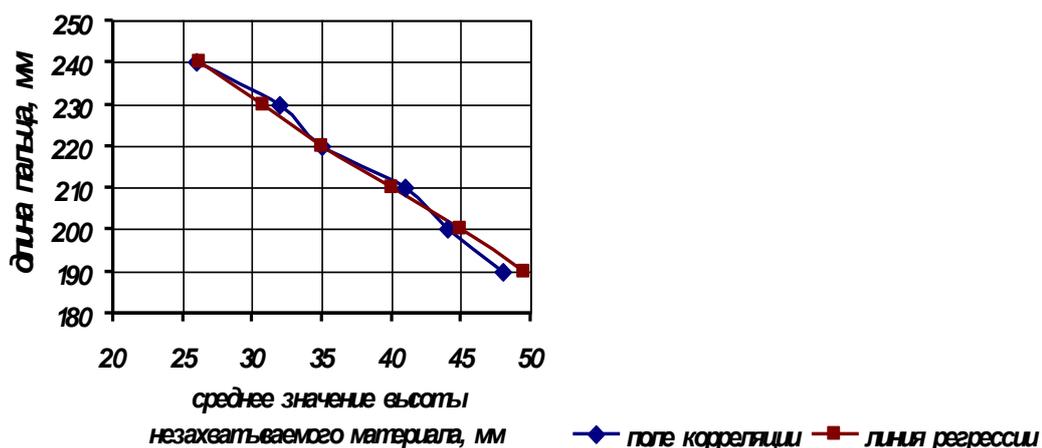


Рисунок 7.8 - Корреляционная зависимость длины пальца от средней высоты «мертвой зоны»

Анализируя рисунок, с учетом выбранной оптимальной длины пальца равной 215 мм, можно заключить, что высота захватываемого слоя («мертвой зоны») равна 38 мм.

Экспериментальная таблица данных для определения шага пальцев приведена в таблицах 7.11 – 7.14.

Таблица 7.11 – Интервалы разбиения для шага пальцев

№	Интервал	Середины интервалов (новые варианты)	Частоты попадания в интервал, n_i
1	[101,6; 106,4]	104	3
2	[106,4; 111,2]	109	5
3	[111,2; 116]	114	4
4	[116; 120,8]	118	5
5	[120,8; 125,6]	123	10
6	[125,6; 130,4]	128	9
7	[130,4; 135,2]	133	4

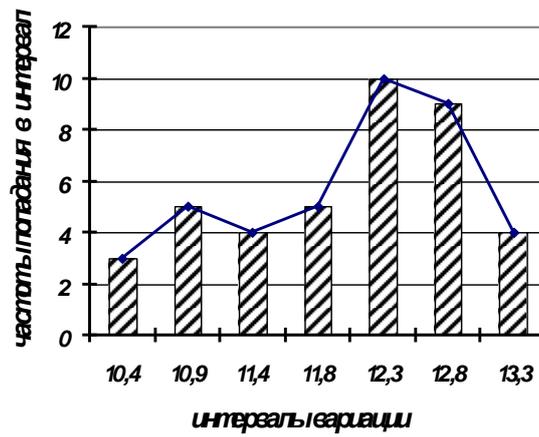


Рисунок 7.9 - Гистограмма и полигон частот шага пальца ворошителя

Таблица 7.12 – Расчетные значения

№	y	x	y ²	x ²	x·y
1	11	108	121	11664,00	1188
2	13	110,00	169	12100,00	1430
3	15	112,00	225	12544,00	1680
4	18	122,00	324	14884,00	2196
5	21	123,00	441	15129,00	2583
6	23	125,00	529	15625,00	2875
7	25	127,00	625	16129,00	3175
8	27	131,00	729	17161,00	3537
Среднее значение	$\bar{y} = 19,1$	$\bar{x} = 119,8$	$\overline{y^2} = 395,4$	$\overline{x^2} = 14404,50$	$\overline{x \cdot y} = 2333$
Σ	153	958	3163	115236,00	18664

Таблица 7.13 – Результаты определения доверительного интервала значений шага пальцев ворошителя

Шаг	Ранжированный ряд	x_{max} мм	x_{min} мм	Δ	$h_{Стэр}$ мм	m	h , мм	границы интервалов
$l_{шпал}$	104, 106, 106, 107, 107, 108, 109, 109, 110, 112, 112, 113, 115, 117, 118, 118, 119, 120, 122, 123, 124, 124, 124, 124, 124, 125, 125, 125, 126, 126, 126, 126, 127, 127, 127, 129, 131, 131, 131, 133	133	104	29	4,6	7	4,8	[101,6; 106,4]

Таблица 7.14 – Результаты определения численных характеристик выборки для определения шага пальцев ворошителя

Шаг	x_B , мм	D_B , мм ²	σ , мм	V , %	Доверительный интервал
$l_{шпал}$	121	57,7	7,6	6,3	$119 < l_{шпал} < 123$

Оптимальный шаг пальцев составляет $l_{шпал} = 121$ мм. Учитывая оптимальное значение шага пальцев ворошителя, определяем число пальцев на длине вала $l_B = 500$ мм по формуле (3.37). Оно равно 4. Если длина вала ворошителя изменяется, то и количество пальцев будет изменяться. Например, если длина вала составляет 600 мм, то количество пальцев будет равно 6 шт., при длине вала 800 мм количество пальцев равно 8 шт., при длине вала 1000 мм - 8 шт. и т.д. Учитывая полученные значения можно сделать вывод, что число пальцев необходимо выбирать четным, так как должно быть равномерное распределение давления растительного сырья на пальцы, при этом шаг пальцев ворошителя должен быть не более 121 мм.

Полученные результаты не противоречат теоретическому обоснованию шага пальцев.

7.4 Экспериментальное определение оптимального диаметра пальца ворошителя

На основе таблицы экспериментальных данных предыдущего пункта, строим таблицу зависимости диаметра пальца $d_{нал}$ от среднего шага пальцев $\bar{l}_{дрэ}$ по частотам (таблица 7.15).

Таблица 7.15 – Значения диаметра пальца ворошителя и средних значений шага пальцев

d_n , мм	11	13	15	18	21	23	25	27
$\bar{l}_{унал}$ мм	108	110	112	122	123	125	127	131

Определяем средние квадратические отклонения по формулам (3.39) и (3.40) $\sigma_x^2 = 52,46 \Rightarrow \sigma_x = 7,24$, $\sigma_y^2 = 30,59 \Rightarrow \sigma_y = 5,53$. Коэффициент линейной корреляции, определяемый по формуле (3.41), равен $r = 1,12$. Определяем коэффициент линейной регрессии $r \cdot \frac{\sigma_y}{\sigma_x} = 0,86$. Составляем уравнение линии регрессии $y = 0,86x - 83,97$. Учитывая, что для удобства вычисления вводились следующие обозначения: $d_{нал} = y$ и $\bar{l}_{унал} = x$, получим следующее уравнение в раскодированном виде

$$d_{нал} = 0,86 \cdot \bar{l}_{унал} - 83,97. \quad (7.3)$$

Составляем график поля корреляции и прямой линии регрессии (рисунок 7.10).

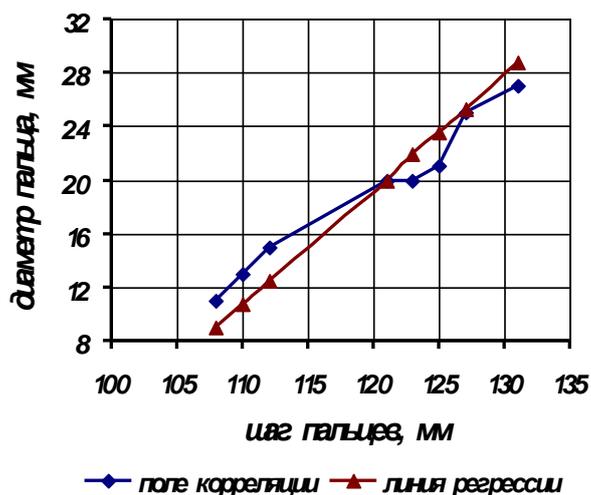


Рисунок 7.10 - Корреляционная зависимость диаметра от шага пальцев

Оптимальный диаметр пальца при оптимальном шаге пальцев ворошителя $\bar{l}_{шпал} = 121$ мм равен $d_{нал} = 0,86 \cdot 121 - 83,97 = 20$ мм, что подтверждает рисунок 7.10.

7.5 Определение сходимости теоретических и экспериментальных значений конструктивно-режимных параметров

С использованием ассиметричных оценок, предложенных Тейлором [138] и учетом погрешности применяемых приборов определен процент сходимости теоретических и экспериментальных интервалов и значений конструктивно-режимных параметров (таблица 7.16).

Таблица 7.16 – Сравнительный анализ теоретических и экспериментальных данных

Параметры ворошителя	Теоретические данные	Экспериментальные данные	Процент сходимости
Длина пальца $l_{нал}$, мм	[190; 240]	[210; 220]	95
Шаг пальца $l_{шпал}$, мм	[100; 130]	[119; 123]	95
Диаметр пальца $d_{нал}$, мм	[17,5; 22,5]	[20; 25]	91
Частота оборотов $n_{об}$, об/мин	[6; 16]	[6; 16]	100

Из таблицы 7.16 видно, что экспериментально полученные данные конструктивно-режимных параметров установки хорошо сочетаются с теоретически выведенными интервалами, при этом максимальный процент расхождения составляет 9 %, а минимальный – 5 %.

7.6 Выбор удерживающей пружины створок днища установки

На этапе проверочного расчета пружины растяжения учитывались следующие параметры: класс пружины (2), разряд пружины (2), материал пружины (проволока Б-2), диаметр пружины (20 мм), диаметр проволоки (5 мм), относительный инерционный зазор (0,1), число рабочих витков пружины (34), длина левого зацепа (20 мм), длина правого зацепа (20 мм), сила предварительного натяжения ($F_0 = 100$ Н). На этапе проектного расчета, вводились параметры, заданные на этапе проверочного расчета, в частности: класс пружины (2), разряд пружины (2), материал пружины (проволока Б-2), диаметр пружины (30 мм), относительный инерционный зазор (0,1), длина левого зацепа (20 мм), длина правого зацепа (20 мм), сила предварительного натяжения ($F_0 = 100$ Н), сила пружины при предварительной деформации ($F_1 = 100$ Н), сила пружины при рабочей деформации ($F_2 = 373,56$ Н), рабочий ход пружины ($H = 117,55$ мм), длина пружины при рабочей деформации ($L_2 = 280,05$ мм). На основании вышеперечисленных параметров автоматически выполнен расчет (рисунок 7.11).

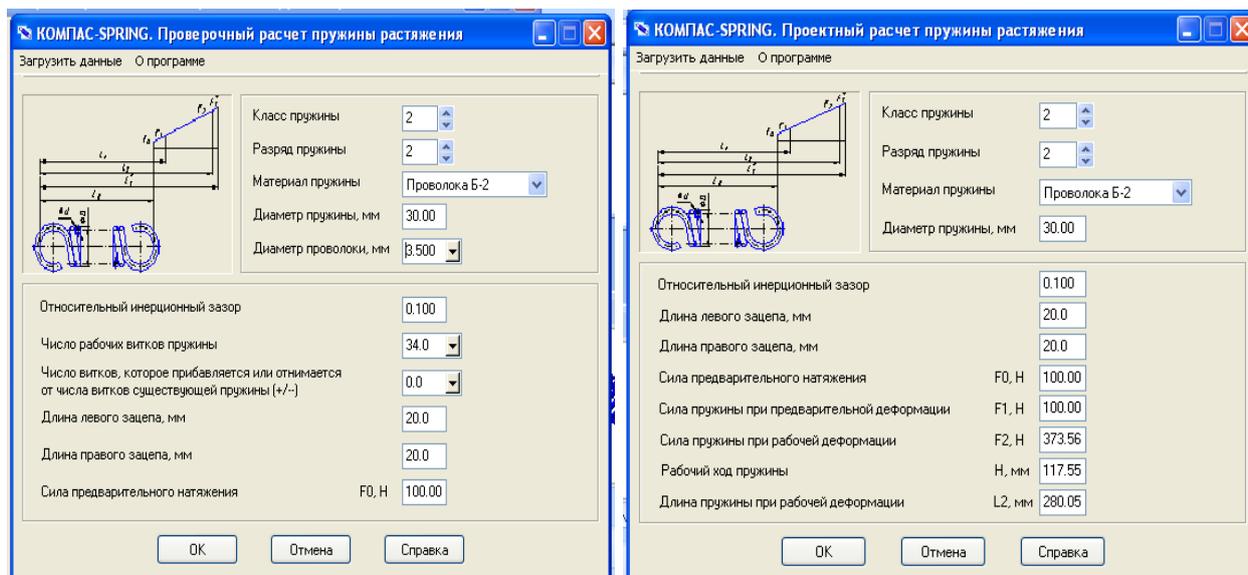


Рисунок 7.11 - Проверочный и проектный расчеты пружины растяжения

Представленный расчет пружины растяжения позволяет сделать вывод, что выбранная нами пружина обеспечит необходимую раскрываемость створок днища и надежность при её эксплуатации.

7.7 Определение снеговых и ветровых нагрузок на установку для компостирования

Для определения снеговых нагрузок исходными данными являлись: схема ветровой нагрузки, тип сооружения (однопролетное), средняя скорость ветра за три наиболее холодных месяца (для г. Брянска средняя скорость ветра составляет 4 м/с), расчетное значение веса снегового покрова (для г. Брянска снеговой район III, расчетное значение веса составляет $S_q=1,8$ кПа), покрытие (сводчатое), угол уклона (более 30°), покрытие (неутепленное без повышенного теплоотделения). На основании вышеперечисленных параметров автоматически выполнен расчет, приведенный в таблице 7.17 и создан отчет.

Снеговая нагрузка. Схема 2.

Информация о расчете: Дата выполнения расчета: 01.09.2021 19:52:37;

Исходные данные:

Пролет: - Длина пролета $l = 0,5$ м;

Скорость ветра: Средняя скорость ветра за три наиболее холодных месяца

$$v = 4 \text{ м/с};$$

Подъем: Высота подъема $f = 0,5 \text{ м};$

Снеговая нагрузка: Расчетное значение веса снегового покрова $s_g = 1,8 \text{ кПа};$

Результаты расчета:

Коэффициент перехода к снеговой нагрузке

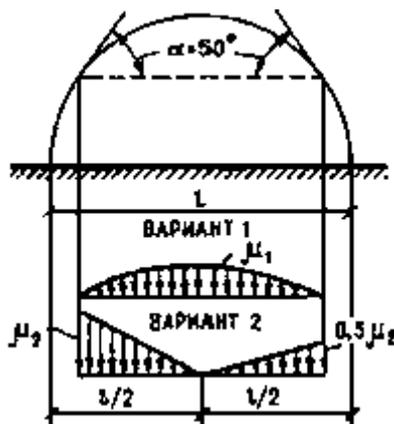


Рисунок 7.12 – Схема к расчету снеговой нагрузки

Вариант 1 Уклон 0 град

$$m_1 = \cos(1,8 \alpha) = \cos(1,8 \cdot 0) = 1 .$$

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия ветра

Покрытие - сводчатое.

$$\text{Т.к. } f/l = 0,5/0,5 = 1 > 1/8 = 1/8 = 0,125 :$$

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента c_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Покрытие - неутепленное без повышенного теплоотделения.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$s = s_g m = 1,8 \cdot 1 = 1,8$ кПа (формула (5); п. 5.1).

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$s_0 = 0,7 s = 0,7 \cdot 1,8 = 1,26$ кПа .

Вариант 2 Уклон 0 град (слева)

$m_2 = 2,4 \sin(1,4 \alpha) = 2,4 \cdot \sin(1,4 \cdot 0) = 0$.

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия ветра

Т.к. $f/l = 0,5/0,5 = 1 > 1/8 = 1/8 = 0,125$:

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента s_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$s = s_g m = 1,8 \cdot 0 = 0$ кПа (формула (5); п. 5.1).

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$s_0 = 0,7 s = 0,7 \cdot 0 = 0$ кПа .

Вариант 2 Уклон = 0 град (справа)

Коэффициент перехода к снеговой нагрузке:

$m = m_2/2 = 0/2 = 0$.

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия ветра

Т.к. $f/l = 0,5/0,5 = 1 > 1/8 = 1/8 = 0,125$:

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента s_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$s = s_g m = 1,8 \cdot 0 = 0 \text{ кПа (формула (5); п. 5.1).}$$

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$$s_0 = 0,7 s = 0,7 \cdot 0 = 0 \text{ кПа .}$$

Вариант 1 Уклон 10 град

$$m_1 = \cos(1,8 \text{ a}) = \cos(1,8 \cdot 0,17453) = 0,95106 .$$

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия ветра

$$\text{Т.к. } f/l = 0,5/0,5 = 1 > 1/8 = 1/8 = 0,125 :$$

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента s_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$s = s_g m = 1,8 \cdot 0,95106 = 1,71191 \text{ кПа (формула (5); п. 5.1).}$$

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$$s_0 = 0,7 s = 0,7 \cdot 1,71191 = 1,19834 \text{ кПа .}$$

Вариант 2 Уклон 10 град (слева)

$$m_2 = 2,4 \sin(1,4 \text{ a}) = 2,4 \cdot \sin(1,4 \cdot 0,17453) = 0,5806 .$$

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия ветра

$$\text{Т.к. } f/l = 0,5/0,5 = 1 > 1/8 = 1/8 = 0,125 :$$

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента c_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$s = s_g m = 1,8 \cdot 0,5806 = 1,04508 \text{ кПа (формула (5); п. 5.1).}$$

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$$s_0 = 0,7 s = 0,7 \cdot 1,04508 = 0,73156 \text{ кПа .}$$

Вариант 2 Уклон = 10 град (справа)

Коэффициент перехода к снеговой нагрузке:

$$m = m_2/2 = 0,5806/2 = 0,2903 .$$

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия ветра

$$\text{Т.к. } f/l = 0,5/0,5 = 1 > 1/8 = 1/8 = 0,125 :$$

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента c_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$s = s_g m = 1,8 \cdot 0,2903 = 0,52254 \text{ кПа (формула (5); п. 5.1).}$$

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$$s_0 = 0,7 s = 0,7 \cdot 0,52254 = 0,36578 \text{ кПа .}$$

Вариант 1 Уклон 20 град

$$m_1 = \cos(1,8 \alpha) = \cos(1,8 \cdot 0,34907) = 0,80901 .$$

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия

ветра

Т.к. $f/l=0,5/0,5=1 > 1/8=1/8=0,125$:

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента s_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$s = s_g m = 1,8 \cdot 0,80901 = 1,45622 \text{ кПа (формула (5); п. 5.1).}$$

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$$s_0 = 0,7 s = 0,7 \cdot 1,45622 = 1,01935 \text{ кПа .}$$

Вариант 2 Уклон 20 град (слева)

$$m_2 = 2,4 \sin(1,4 \text{ a}) = 2,4 \cdot \sin(1,4 \cdot 0,34907) = 1,12674 .$$

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия

ветра

Т.к. $f/l=0,5/0,5=1 > 1/8=1/8=0,125$:

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента s_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$s = s_g m = 1,8 \cdot 1,12674 = 2,02813 \text{ кПа (формула (5); п. 5.1).}$$

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$$s_0 = 0,7 s = 0,7 \cdot 2,02813 = 1,41969 \text{ кПа .}$$

Вариант 2 Уклон = 20 град (справа)

Коэффициент перехода к снеговой нагрузке:

$$m = m_2/2 = 1,12674/2 = 0,56337 .$$

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия ветра

Т.к. $f/l = 0,5/0,5 = 1 > 1/8 = 1/8 = 0,125$:

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента c_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$s = s_g m = 1,8 \cdot 0,56337 = 1,01407 \text{ кПа (формула (5); п. 5.1)} .$$

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$$s_0 = 0,7 s = 0,7 \cdot 1,01407 = 0,70985 \text{ кПа} .$$

Вариант 1 Уклон 30 град

$$m_1 = \cos(1,8 a) = \cos(1,8 \cdot 0,5236) = 0,58778 .$$

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия ветра

Т.к. $f/l = 0,5/0,5 = 1 > 1/8 = 1/8 = 0,125$:

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента c_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$s = s_g m = 1,8 \cdot 0,58778 = 1,058 \text{ кПа (формула (5); п. 5.1)} .$$

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$$s_0 = 0,7 \quad s = 0,7 \cdot 1,058 = 0,7406 \text{ кПа} .$$

Вариант 2 Уклон 30 град (слева)

$$m_2 = 2,4 \sin(1,4 \text{ а}) = 2,4 \cdot \sin(1,4 \cdot 0,5236) = 1,60592 .$$

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия ветра

Т.к. $f/l = 0,5/0,5 = 1 > 1/8 = 1/8 = 0,125$:

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента c_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$s = s_g \quad m = 1,8 \cdot 1,60592 = 2,89066 \text{ кПа (формула (5); п. 5.1) .}$$

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$$s_0 = 0,7 \quad s = 0,7 \cdot 2,89066 = 2,02346 \text{ кПа} .$$

Вариант 2 Уклон = 30 град (справа)

Коэффициент перехода к снеговой нагрузке:

$$m = m_2/2 = 1,60592/2 = 0,80296 .$$

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия ветра

Т.к. $f/l = 0,5/0,5 = 1 > 1/8 = 1/8 = 0,125$:

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента c_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$s = s_g m = 1,8 \cdot 0,80296 = 1,44533 \text{ кПа (формула (5); п. 5.1).}$$

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$$s_0 = 0,7 s = 0,7 \cdot 1,44533 = 1,01173 \text{ кПа .}$$

Вариант 1 Уклон 40 град

$$m_1 = \cos(1,8 \alpha) = \cos(1,8 \cdot 0,69813) = 0,30902 .$$

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия ветра

$$\text{Т.к. } f/l = 0,5/0,5 = 1 > 1/8 = 1/8 = 0,125 :$$

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента c_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$s = s_g m = 1,8 \cdot 0,30902 = 0,55624 \text{ кПа (формула (5); п. 5.1).}$$

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$$s_0 = 0,7 s = 0,7 \cdot 0,55624 = 0,38937 \text{ кПа .}$$

Вариант 2 Уклон 40 град (слева)

$$m_2 = 2,4 \sin(1,4 \alpha) = 2,4 \cdot \sin(1,4 \cdot 0,69813) = 1,98969 .$$

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия ветра

$$\text{Т.к. } f/l = 0,5/0,5 = 1 > 1/8 = 1/8 = 0,125 :$$

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента c_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$s = s_g m = 1,8 \cdot 1,98969 = 3,58144 \text{ кПа (формула (5); п. 5.1).}$$

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$$s_0 = 0,7 s = 0,7 \cdot 3,58144 = 2,50701 \text{ кПа .}$$

Вариант 2 Уклон = 40 град (справа)

Коэффициент перехода к снеговой нагрузке:

$$m = m_2/2 = 1,98969/2 = 0,99485 .$$

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия ветра

$$\text{Т.к. } f/l = 0,5/0,5 = 1 > 1/8 = 1/8 = 0,125 :$$

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента s_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$s = s_g m = 1,8 \cdot 0,99485 = 1,79073 \text{ кПа (формула (5); п. 5.1).}$$

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$$s_0 = 0,7 s = 0,7 \cdot 1,79073 = 1,25351 \text{ кПа .}$$

Вариант 1 Уклон 50 град

$$m_1 = \cos(1,8 a) = \cos(1,8 \cdot 0,87266) = 0,000008327 .$$

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия ветра

$$\text{Т.к. } f/l = 0,5/0,5 = 1 > 1/8 = 1/8 = 0,125 :$$

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента s_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$s = s_g m = 1,8 \cdot 0,000008327 = 0,000014989 \text{ кПа (формула (5); п. 5.1).}$$

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$$s_0 = 0,7 s = 0,7 \cdot 0,000014989 = 0,000010492 \text{ кПа .}$$

Вариант 2 Уклон 50 град (слева)

$$m_2 = 2,4 \sin(1,4 \text{ a}) = 2,4 \cdot \sin(1,4 \cdot 0,87266) = 2,25526 .$$

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия ветра

Т.к. $f/l = 0,5/0,5 = 1 > 1/8 = 1/8 = 0,125$:

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента s_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$s = s_g m = 1,8 \cdot 2,25526 = 4,05947 \text{ кПа (формула (5); п. 5.1).}$$

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$$s_0 = 0,7 s = 0,7 \cdot 4,05947 = 2,84163 \text{ кПа .}$$

Вариант 2 Уклон = 50 град (справа)

Коэффициент перехода к снеговой нагрузке:

$$m = m_2/2 = 2,25526/2 = 1,12763 .$$

Снижение снеговой нагрузки для пологих покрытий с учетом действия

ветра

Т.к. $f/l=0,5/0,5=1 > 1/8=1/8=0,125$:

Снижение снеговой нагрузки с учетом коэффициента c_e при этом не предусмотрено.

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения

Снижение снеговой нагрузки с учетом повышенного теплоотделения при этом не предусмотрено.

Расчетное значение снеговой нагрузки

Полное расчетное значение снеговой нагрузки:

$$s = s_g m = 1,8 \cdot 1,12763 = 2,02973 \text{ кПа (формула (5); п. 5.1).}$$

Нормативная снеговая нагрузка

Нормативное значение веса снегового покрова:

$$s_0 = 0,7 s = 0,7 \cdot 2,02973 = 1,42081 \text{ кПа .}$$

Таблица 7.17 - результаты расчета снеговой нагрузки

NN	Вариант нагрузки	Зона	m	Нормативная нагрузка	Расчетная нагрузка
1	Вариант 1	Уклон 0 град	1	1,26	1,8
2	Вариант 2	Уклон 0 град (слева)	0	0	0
3	Вариант 2	Уклон = 0 град (справа)	0	0	0
4	Вариант 1	Уклон 10 град	0,95106	1,198	1,712
5	Вариант 2	Уклон 10 град (слева)	0,5806	0,73156	1,045
6	Вариант 2	Уклон = 10 град (справа)	0,2903	0,36578	0,52254
7	Вариант 1	Уклон 20 град	0,80901	1,019	1,456

Продолжение таблицы 7.17

8	Вариант 2	Уклон 20 град (слева)	1,127	1,42	2,028
9	Вариант 2	Уклон = 20 град (справа)	0,56337	0,70985	1,014
10	Вариант 1	Уклон 30 град	0,58778	0,7406	1,058
11	Вариант 2	Уклон 30 град (слева)	1,606	2,023	2,891
12	Вариант 2	Уклон = 30 град (справа)	0,80296	1,012	1,445
13	Вариант 1	Уклон 40 град	0,30902	0,38937	0,55624
14	Вариант 2	Уклон 40 град (слева)	1,99	2,507	3,581
15	Вариант 2	Уклон = 40 град (справа)	0,99485	1,254	1,791
16	Вариант 1	Уклон 50 град	0,000008327	0,000010492	0,000014989
17	Вариант 2	Уклон 50 град (слева)	2,255	2,842	4,059
18	Вариант 2	Уклон = 50 град (справа)	1,128	1,421	2,03

Для определения ветровых нагрузок исходными данными являлись: тип сооружения (однопролетное), покрытие (неутепленное без повышенного теплоотделения), нормативное значение ветрового давления (для г. Брянска ветровой район I, расчетное значение ветрового давления составляет $W_0=0,23$ кПа), схема ветровой нагрузки (3 - выбирается по приложению 4 программы NormCAD), высота сооружения ($h_1=0,5$ м), высота подъема ($f=0,1$ м) количество отметок для определения нагрузок ($n_z=3$), отметка точки 1 ($Z_1=0,2$ м), отметка точки 2 ($Z_2=0,4$ м), отметка точки 3 ($Z_3=0,6$ м), пульсационная составляющая (неучитывается), размер сооружения в плане поперек направления ветра ($b=0,5$ м), размер сооружения в плане вдоль направления ветра ($l=0,5$ м), тип местности (В -

городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м), тип конструкции (сооружение со стальным каркасом), здание (одноэтажное с постоянной по высоте жесткостью, массой и шириной наветренной поверхности). На основании вышеперечисленных параметров автоматически выполнен расчет, приведенный в таблице 7.18, и создан отчет (прилож. Г).

Ветровая нагрузка

Информация о расчете: Дата выполнения расчета: 01.09.2021 19:09:08;

Исходные данные:

Подъем: Высота подъема $f = 0,1$ м;

Геометрия здания при определении ветровой нагрузки:

- Размер $h_1 = 0,5$ м;

Отметки:

- Отметка точки 1 $Z_1 = 0,2$ м;

- Отметка точки 2 $Z_2 = 0,4$ м;

- Отметка точки 3 $Z_3 = 0,6$ м;

- Количество отметок для определения нагрузки (выше отм. 0.000) $n_z = 3$;

Ветровая нагрузка:

- Нормативное значение ветрового давления $w_0 = 0,23$ кПа;

Результаты расчета:

Схема ветровой нагрузки по прил. 4

Коэффициент надежности по нагрузке:

$g_f = 1,4$.

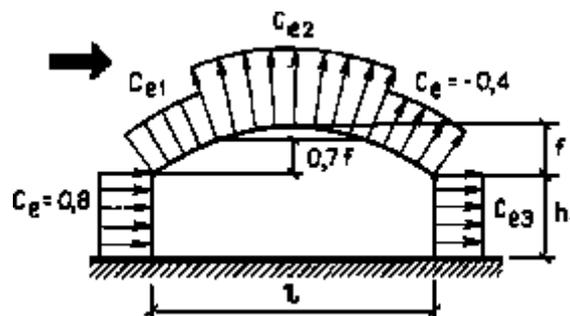


Рисунок 7.13 - Схема к расчету ветровой нагрузки

При $c = c_e$

Аэродинамический коэффициент:

$$c_e = 0,8 .$$

Размер h для определения n :

$$h = h_1 + 0,7 f = 0,5 + 0,7 \cdot 0,1 = 0,57 \text{ м} .$$

Пульсационная составляющая - не учитывается.

На отм. 0.000

Тип местности - В.

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 0,092 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = 0,092 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot 0,092 = 0,1288 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_1 = 0,2 \text{ м}$:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 0,092 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = 0,092 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot 0,092 = 0,1288 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_2 = 0,4 \text{ м}$:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 0,092 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = 0,092 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot 0,092 = 0,1288 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_3 = 0,6 \text{ м}$:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 0,092 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = 0,092 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot 0,092 = 0,1288 \text{ кПа} .$$

При $c = c_{e1}$

Аэродинамический коэффициент принимается по табл. прил.4 в зависимости от h_1/l и f/l

$$c_{e1} = -0,7 .$$

На отм. 0.000

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,7 = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,0805 = -0,1127 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_1 = 0,2 \text{ м}$:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,7 = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,0805 = -0,1127 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_2 = 0,4 \text{ м}$:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,7 = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,0805 = -0,1127 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_3 = 0,6 \text{ м}$:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,7 = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,0805 = -0,1127 \text{ кПа} .$$

При $c = c_e$

Аэродинамический коэффициент принимается по табл. прил.4 в зависимости от h_1/l и f/l

$$c_{e2} = -0,9 .$$

На отм. 0.000

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,9 = -0,1035 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,1035 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = g f w_H = 1,4 \cdot -0,1035 = -0,1449 \text{ кПа} .$$

При z = Z1 = 0,2 м:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,9 = -0,1035 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,1035 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = g f w_H = 1,4 \cdot -0,1035 = -0,1449 \text{ кПа} .$$

При z = Z2 = 0,4 м:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,9 = -0,1035 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,1035 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = g f w_H = 1,4 \cdot -0,1035 = -0,1449 \text{ кПа} .$$

При z = Z3 = 0,6 м:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,9 = -0,1035 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,1035 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,1035 = -0,1449 \text{ кПа} .$$

При $c = c_e = -0,4$

Аэродинамический коэффициент:

$$c_e = -0,4 .$$

На отм. 0.000

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,4 = -0,046 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,046 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,046 = -0,0644 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_1 = 0,2 \text{ м}$:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,4 = -0,046 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,046 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,046 = -0,0644 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_2 = 0,4$ м:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,4 = -0,046 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,046 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,046 = -0,0644 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_3 = 0,6$ м:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,4 = -0,046 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,046 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,046 = -0,0644 \text{ кПа} .$$

Подветренные поверхности при $c = c_{e3}$

Аэродинамический коэффициент принимается по табл. прил.4 в зависимости от b/l и h_1/l

$$c_{e3} = -0,5 .$$

На отм. 0.000

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,5 = -0,0575 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,0575 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,0575 = -0,0805 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_1 = 0,2 \text{ м}$:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,5 = -0,0575 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,0575 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,0575 = -0,0805 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_2 = 0,4 \text{ м}$:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,5 = -0,0575 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,0575 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,0575 = -0,0805 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_3 = 0,6 \text{ м}$:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,5 = -0,0575 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,0575 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,0575 = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Торцевые поверхности при $c = ce_3$

Аэродинамический коэффициент принимается по табл. прил.4 в зависимости от b/l и h_1/l

$$ce_3 = -0,5 .$$

На отм. 0.000

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,5 = -0,0575 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,0575 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,0575 = -0,0805 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_1 = 0,2 \text{ м}$:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,5 = -0,0575 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,0575 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,0575 = -0,0805 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_2 = 0,4 \text{ м}$:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,5 = -0,0575 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,0575 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,0575 = -0,0805 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_3 = 0,6 \text{ м}$:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,5 = -0,0575 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,0575 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,0575 = -0,0805 \text{ кПа} .$$

При ветре на торец $c = c_e = -0,7$

Аэродинамический коэффициент:

$$c_e = -0,7 .$$

На отм. 0.000

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,7 = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,0805 = -0,1127 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_1 = 0,2 \text{ м}$:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,7 = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,0805 = -0,1127 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_2 = 0,4 \text{ м}$:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,7 = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,0805 = -0,1127 \text{ кПа} .$$

При $z = Z_3 = 0,6 \text{ м}$:

Коэффициент принимается по табл. 6 в зависимости от z

$$k = 0,5 .$$

Нормативное значение средней составляющей ветровой нагрузки:

$$w_m = w_0 k c = 0,23 \cdot 0,5 \cdot -0,7 = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Нормативное значение ветровой нагрузки:

$$w_H = w_m = -0,0805 \text{ кПа} .$$

Расчетное значение ветровой нагрузки:

$$w = gf w_H = 1,4 \cdot -0,0805 = -0,1127 \text{ кПа} .$$

Таблица 7.18 – результаты расчета ветровой нагрузки на контейнер на отметке Z

NN	Аэродинамический коэффициент/Участок	0	0,2	0,4	0,6
1	$c_{\text{__e}}$	0,1288	0,1288	0,1288	0,1288
2	$c_{\text{__e1}}$	-0,1127	-0,1127	-0,1127	-0,1127
3	$c_{\text{__e2}}$	-0,1449	-0,1449	-0,1449	-0,1449

Продолжение таблицы 7.18

4	$s_{\text{е}}=-0,4$	-0,0644	-0,0644	-0,0644	-0,0644
5	$s_{\text{е}3}$ подв.	-0,0805	-0,0805	-0,0805	-0,0805
6	$s_{\text{е}3}$ торц.	-0,0805	-0,0805	-0,0805	-0,0805
7	$s_{\text{е}}$ при ветре в торец	-0,1127	-0,1127	-0,1127	-0,1127

Расчет снеговой нагрузки показал, что в условиях Брянской области снеговые нагрузки составляют от 0 до 4,059 кПа при различных углах уклона, а ветровые нагрузки - от 0,0644 до 0,1288 кПа. Материал, из которого сделана установка, выдерживает нагрузки более 5 кПа.

7.8 Смешивающая способность ворошителя

7.8.1 Определение размера «мертвой зоны»

Смешивающую способность ворошителя оценивали выявлением «мертвых зон» (рисунок 7.14) по высоте слоя под пальцем и между пальцами при различных длинах, диаметрах пальца и числе оборотов вала ворошителя.



Рисунок 7.14 – Определение размера «мертвых зон»

На рисунках 7.15, 7.16 приведены результаты экспериментального определения высоты слоя («мертвой зоны» под пальцем и между пальцами) в зависимости от длины пальца ворошителя при варьировании числа оборотов вала ворошителя.

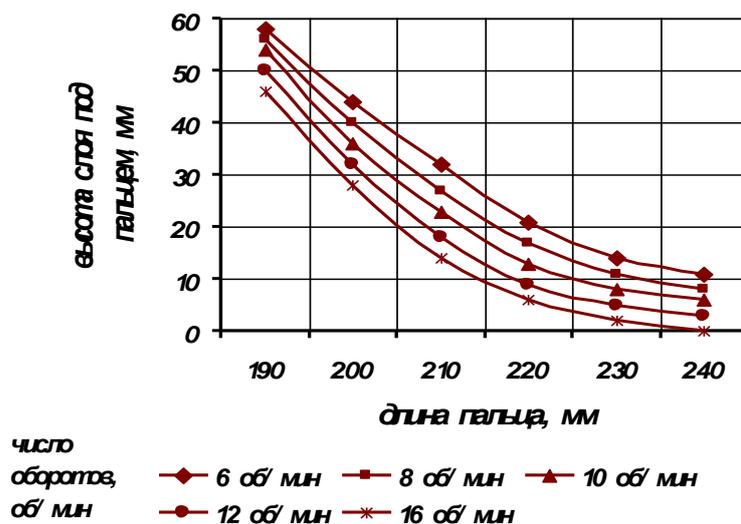


Рисунок 7.15 – Зависимость высоты слоя под пальцем от его длины и числа оборотов электродвигателя

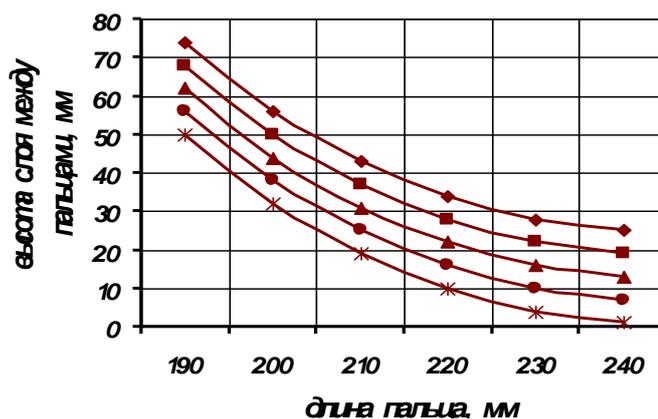


Рисунок 7.16 – Зависимость высоты слоя между пальцами от их длины и числа оборотов электродвигателя

Из рисунков 7.15 и 7.16 следует, что наименьший размер «мертвых зон» для различных длин пальцев образуется при 16 об/мин вала ворошителя.

Результаты экспериментальных исследований размеров «мертвых зон» в зависимости от длины и диаметра пальцев ворошителя при 16 об/мин вала ворошителя приведены на рисунках 7.17 и 7.18.

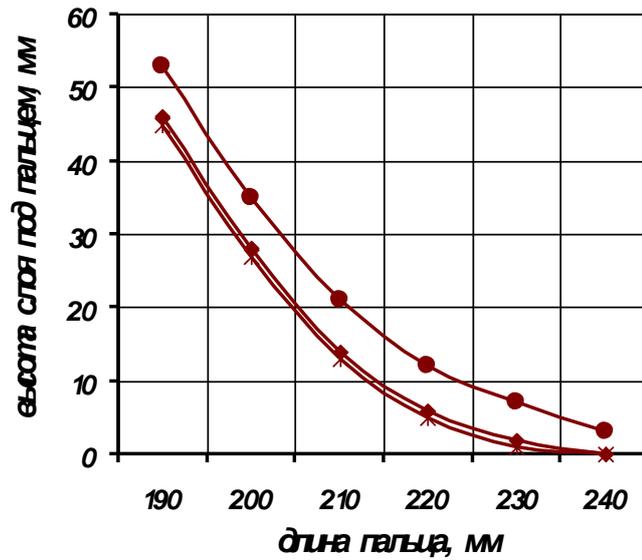
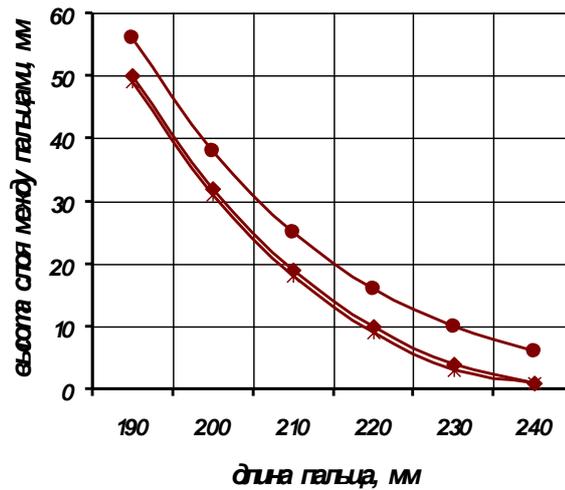


Рисунок 7.17 – Зависимость высоты слоя под пальцем от его длины и диаметра



диаметр галца, мм —●— 15 мм —◆— 20 мм —*— 25 мм

Рисунок 7.18 – Зависимость высоты слоя между пальцами от его длины и диаметра

Из рисунков 7.17 и 7.18 следует, что наименьший размер «мертвых зон» при различных длинах пальцев характерен для диаметра пальца 20 - 25 мм, что хорошо согласуется с теоретическими значениями.

Экспериментальные зависимости размера «мертвой зоны» от параметров

ворошителя при оптимальных оборотах вала ворошителя и диаметре пальца представлены на рисунке 7.19.

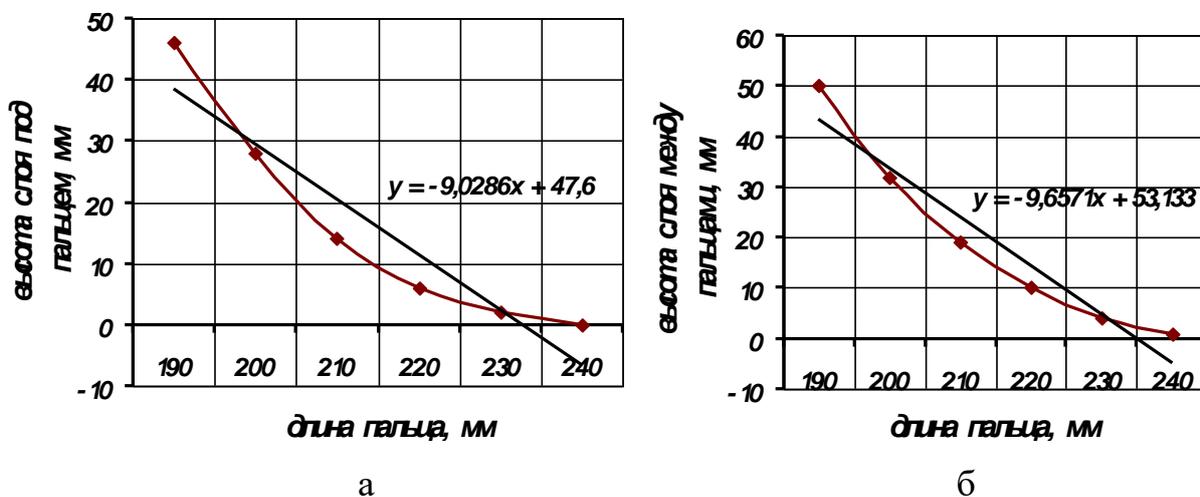


Рисунок 7.19 – Кривая и уравнение высоты слоя под пальцем (а) и между пальцами (б) в зависимости от длины пальца ворошителя

Полученные зависимости свидетельствуют о том, что длина пальца ворошителя лежит в интервале от 200 до 230 мм, т.е. в точках пересечения линий тренда, характеризующихся уравнениями

$$y = -9,0286 \cdot x + 47,6; \quad (8.1)$$

$$y = -9,6571 \cdot x + 53,133, \quad (8.2)$$

и усреднённых кривых высот слоев под пальцем ворошителя и между пальцами, что не противоречит ранее приведенной методике с использованием ранжированного ряда.

7.8.2 Результаты исследования влияния пальцевых насадок на смешивающую способность

В эксперименте использовались насадки на палец ворошителя из ПВХ и резины (шланг поливочный неармированный) различного профиля, которые в свою очередь обладают достаточно высокими упругопластическими свойствами, но физико-химические свойства данных материалов незначительно влияли на процесс перемешивания (рисунок 7.20). Это связано с тем, что влага, образующаяся при перемешивании растительных материалов на пальце ворошителя, создает слой смазки, которая препятствует износу материала, в нашем случае резины и ПВХ.

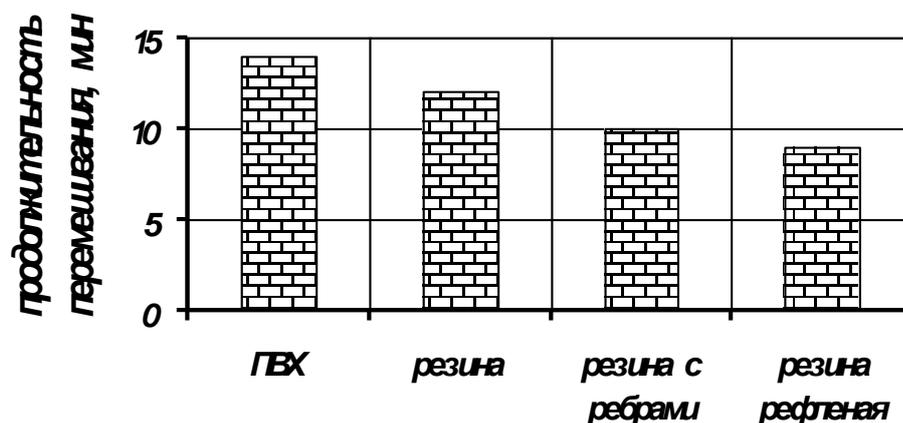


Рисунок 7.20 - Продолжительность перемешивания при различных насадках на пальцах

Из рисунка 8.7 следует, что достижение требуемой однородности смеси за более короткое время происходит при насадках из рифленой резины (9 минут) и максимальное время при насадках из ПВХ (12 минут), что является основанием рекомендовать использование насадок из рифленой резины на пальцы ворошителя для сокращения времени перемешивания, а значит и экономии электроэнергии.

7.8.3 Результаты определения смешивающей способности ворошителя

Однородность перемешивания определялась при оптимальных конструктивно-режимных параметрах установки для приготовления компоста: 16 об/мин вала ворошителя, диаметре пальцев 20 мм, длине пальцев 215 мм. Результаты оценки однородности перемешивания древесной стружки, окрашенной в различные цвета, представлены на рисунке 8.8 (а – через 10 мин перемешивания; б – через 15 мин; в – через 20 мин от начала перемешивания) и в таблице 7.19.



Рисунок 7.21 - Результаты оценки однородности перемешивания

Таблица 7.19 – Зависимость степени однородности перемешивания от вида перемешивания и времени цикла

Цвет контрольного слоя	Вид перемешивания	Зависимость однородности перемешивания от времени																														
Коричневый, интервал высоты слоя 36-45 мм (белый-20 %; зеленый -20 %; синий-20 %; оранжевый-20 %)	Механическое перемешивание	<table border="1"> <caption>Data for Figure 7.19: Homogeneity (%) vs. Time (min)</caption> <thead> <tr> <th>Время перемешивания, мин</th> <th>белый (%)</th> <th>синий (%)</th> <th>оранжевый (%)</th> <th>зеленый (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>35</td> <td>32</td> <td>30</td> <td>35</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>65</td> <td>60</td> <td>55</td> <td>65</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>85</td> <td>80</td> <td>75</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>80</td> <td>75</td> <td>70</td> <td>80</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>85</td> <td>80</td> <td>75</td> <td>75</td> </tr> </tbody> </table>	Время перемешивания, мин	белый (%)	синий (%)	оранжевый (%)	зеленый (%)	3	35	32	30	35	5	65	60	55	65	10	85	80	75	85	15	80	75	70	80	20	85	80	75	75
Время перемешивания, мин	белый (%)	синий (%)	оранжевый (%)	зеленый (%)																												
3	35	32	30	35																												
5	65	60	55	65																												
10	85	80	75	85																												
15	80	75	70	80																												
20	85	80	75	75																												

Продолжение таблицы 7.19

	<p>Ручное перемешивание</p>	
<p>Синий, 27-36 мм (белый-20 %; зеленый -20 %; коричневый- 20 %; оранжевый-20 %)</p>	<p>Механическое перемешивание</p>	
	<p>Ручное перемешивание</p>	
<p>Зеленый, 18-27 мм (белый-20 %; белый -20 %; синий-20 %; оранжевый-20 %)</p>	<p>Механическое перемешивание</p>	

Продолжение таблицы 7.19

	<p>Ручное перемешивание</p>	
<p>Оранжевый, 9-18 мм (белый-20 %; зеленый -20 %; синий-20 %; коричневый-20 %)</p>	<p>Механическое перемешивание</p>	
	<p>Ручное перемешивание</p>	
<p>Белый, 0-9 мм (коричневый-20 %; зеленый -20 %; синий-20 %; оранжевый-20 %)</p>	<p>Механическое перемешивание</p>	
<p>Белый, 0-9 мм (коричневый-20 %; зеленый -20 %; синий-20 %; оранжевый-20 %)</p>	<p>Ручное перемешивание</p>	

Из таблицы 8.1 видно, что наиболее однородное перемешивание при механическом способе достигнуто спустя 10 минут, а при ручном перемешивании - спустя 15-18 минут, т.е. времени на перемешивание в установке с ворошителем затрачивается вдвое меньше для достижения требуемой однородности. Таким образом, кроме насыщения растительного сырья кислородом воздуха для активизации жизнедеятельности микроорганизмов при термофильном разложении, ворошитель битерного типа обеспечивает тщательное перемешивание материала в вертикальной и горизонтальной плоскостях, что способствует выравниванию температуры по всему объему бурта.

7.8.4 Экспериментальное определение массы компоста и адекватности математической модели

В соответствии с ранее приведенной методикой нашей задачей являлось определение основных параметров, оказывающих влияние на протекание компостирования растительных материалов в экспериментальной установке. Динамика изменения параметров, характеризующих процесс компостирования в устройстве с ворошителем, представлена на графиках (рисунки 7.22 – 7.24).

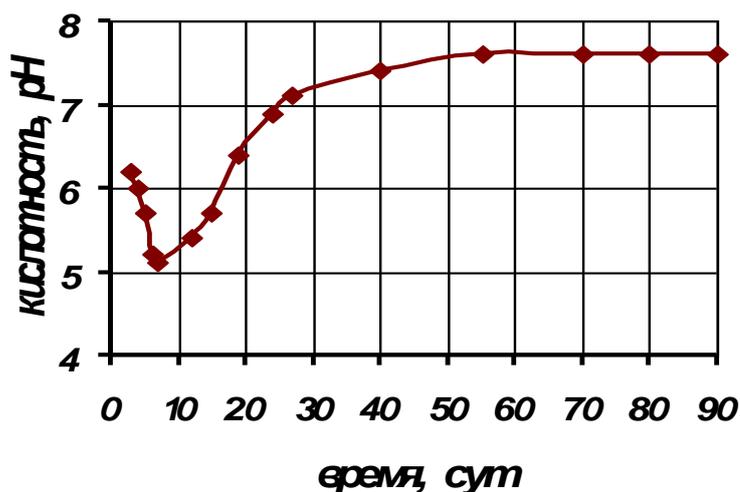


Рисунок 7.22 – Зависимость изменения кислотности компостной массы



Рисунок 7.23 – Влажностно-температурные характеристики компостирования

Анализируя рисунок 8.10, можно сделать вывод, что кислотность в процессе компостирования достигает значения 7,6 на 55 сутки, среда становится нейтральной, что соответствует готовому качественному компосту.

Представленные на рисунке 8.11 влажностно-температурные характеристики компостирования (периодичность ворошения составляет один раз в 6 дней и длительность ворошения – 10 мин) позволяют сделать вывод, что максимальный разогрев массы (при влажности 62 %) в установке наблюдается на 20 сутки от начала компостирования, т. е. быстрее, чем при полевом опыте при тех же температурах окружающей среды.



Рисунок 7.24 – Косвенные параметры компостирования

Для вычисления критериев подобия все единицы измерения параметров компостирования были предварительно переведены в систему СИ. Далее были рассчитаны критерии подобия $\pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6$, для каждой фазы компостирования по экспериментальным данным и с использованием формул (2.14)-(2.18) и (2.20). Для решения системы методом Крамера использованы значения опытов, представленные в таблицах 1, 2, 3, 4, 5 приложения Д, а значения «нулевого опыта» не учитывались. Для расчетов были взяты три фазы компостирования - мезофильная, термофильная и фаза созревания, так как на начальной фазе компостирования (лаг-фазе) основные параметры (температура, влажность, плотность, кислотность) слабо меняются и их изменениями можно пренебречь:

- мезофильная: $\alpha_1=-0,15; \alpha_2=-0,018; \alpha_3=-0,056; \alpha_4=0,744; \alpha_5=0,163;$
- термофильная: $\alpha_1=-0,333; \alpha_3=-0,001; \alpha_4=-0,015; \alpha_5=-0,508; \alpha_6=-0,379;$
- созревания: $\alpha_1=-0,0642; \alpha_3=-5,498; \alpha_4=-0,697; \alpha_5=-9,207; \alpha_6=1,104.$

Некоторые значения α_i стремятся к нулю, поэтому они округляются до сотых, без учета резких изменений величин:

- мезофильная $\alpha_1=-0,15; \alpha_2=-0,02; \alpha_3=-0,06; \alpha_4=0,74; \alpha_5=0,16;$
- термофильная $\alpha_1=-0,33; \alpha_3=-0; \alpha_4=-0,02; \alpha_5=-0,51; \alpha_6=-0,38;$
- созревания $\alpha_1=-0,07; \alpha_3=-5,5; \alpha_4=-0,7; \alpha_5=-9,21; \alpha_6=1,1.$

Для удобства практических расчетов целесообразно время измерять в часах (ч), скорость реакции в миллиграммах на килограмм-час (мг/кг ч) и температуру в градусах Цельсия (°C). Тогда математическая модель в виде системы уравнений регрессии примет вид (решение системы уравнений приведено в приложение Е)

$$\left\{ \begin{array}{l} m_{мф} = 0,31 m_{0мф} (pH \cdot \varphi)^{-0,15} \cdot \left(\frac{t_{гг}^0 + 273}{t_{нг}^0 + 273} \right)^{-0,02} \cdot (\tau_ч \cdot \nu_p)^{-0,06} \cdot \left(\frac{t^0 + 273}{t_{гг}^0 + 273} \right)^{0,74} \cdot \left(\frac{\rho_{сyx}}{\rho_{г.л}} \right)^{0,16}, \\ \text{при...} 72 \text{ ч (3 сут)} \leq \tau \leq 168 \text{ ч (7 сут)} \\ m_{тф} = 0,3 m_{0тф} (pH \cdot \varphi)^{-0,33} (\tau_ч \cdot \nu_p)^{-0,02} \cdot \left(\frac{t^0 + 273}{t_{гг}^0 + 273} \right)^{-0,51} \cdot \left(\frac{\rho_{сyx}}{\rho_{г.л}} \right)^{-0,38}, \\ \text{при...} 192 \text{ ч (8 сут)} \leq \tau \leq 720 \text{ ч (30 сут)} \\ m_{фс} = 0,71 m_{0фс} (pH \cdot \varphi)^{-0,07} \cdot \left(\frac{t_{гг}^0 + 273}{t_{нг}^0 + 273} \right)^{-5,5} \cdot (\tau_ч \cdot \nu_p)^{-0,7} \cdot \left(\frac{t^0 + 273}{t_{гг}^0 + 273} \right)^{-9,21} \cdot \left(\frac{\rho_{сyx}}{\rho_{г.л}} \right)^{1,1}, \\ \text{при...} 744 \text{ ч (31 сут)} \leq \tau \leq 2160 \text{ ч (90 сут)} \end{array} \right. \quad (4.3)$$

Где $m_{мф}$, $m_{тф}$, $m_{фс}$ – массы растительного сырья, прошедшие, соответственно, мезофильную, термофильную и фазу созревания за соответствующий промежуток времени, причем $m_{фс}$ за время 90 суток (2160 ч) представляет конечную массу компостируемого материала;

$m_{0мф}$, $m_{0тф}$, $m_{0фс}$ – массы растительного сырья на начальном этапе фаз компостирования.

Значения $(1 - m_{мф}/m_{0мф})$; $(1 - m_{тф}/m_{0тф})$; $(1 - m_{фс}/m_{0фс})$ характеризуют проценты убыли растительного сырья на каждой фазе компостирования.

Данная математическая модель определяет качество компостируемого сырья, так как имеет временной интервал фаз компостирования. Адекватность построенной математической модели в виде системы уравнений регрессии проверена по критерию Фишера-Снедекора (f – критерию) с использованием формулы (3.42). Необходимо проверить каждое уравнение регрессии данной математической модели, исходя из данных, представленных в таблицах 6, 7, 8, приложения Д.

На мезофильной фазе: $S_{AD}^2 = 0,0024, S_{\pi}^2 = 0.0011 \Rightarrow f = \frac{S_{AD}^2}{S_{\pi}^2} = 2,18.$

На термофильной фазе: $S_{AD}^2 = 0,0032, S_{\pi}^2 = 0.0017 \Rightarrow f = \frac{S_{AD}^2}{S_{\pi}^2} = 1,88.$

На фазе созревания: $S_{AD}^2 = 0,0013, S_{\pi}^2 = 0.0025 \Rightarrow f = \frac{S_{AD}^2}{S_{\pi}^2} = 1,92.$

Сравниваем полученные значения отношения f с табличным значением критерия Фишера-Снедекора $f_{кр}(\alpha; \alpha_1; \alpha_2)$ на уровне значимости $\alpha=0,05$ и при степенях свободы $\alpha_1=N-1=5, \alpha_2=N-m=1$:

$$f_{кр}(0,05; 5; 1)=230.$$

Для каждого уравнения регрессии данной модели, значение отношения $f < f_{кр}(\alpha; \alpha_1; \alpha_2)$, следовательно система уравнений модели адекватна результатам эксперимента.

7.8.5 Результаты определения мощности, производительностей и энергоемкостей установки по перемешиванию и по готовой продукции

На основании теоретических и экспериментальных данных были построены зависимости мощности, производительности и энергоемкости установки. На рисунке 7.25 представлена теоретическая и экспериментальная зависимость мощности, развиваемой пальцем ворошителя, от уровня заложения растительного материала. Учитывая мощность, развиваемую пальцем ворошителя, можно оценить изгибающий момент данного пальца (рисунок 7.26) при ворошении на оптимальной частоте 16 об/мин.

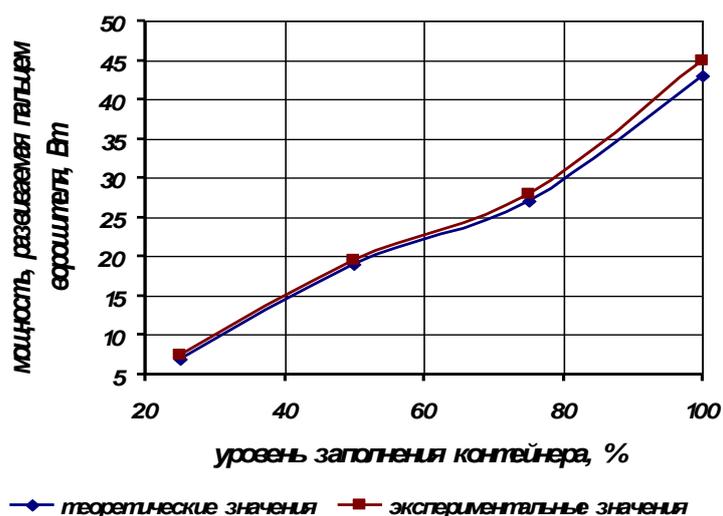


Рисунок 7.25 – Зависимость мощности, развиваемой пальцем ворошителя от уровня заполнения контейнера

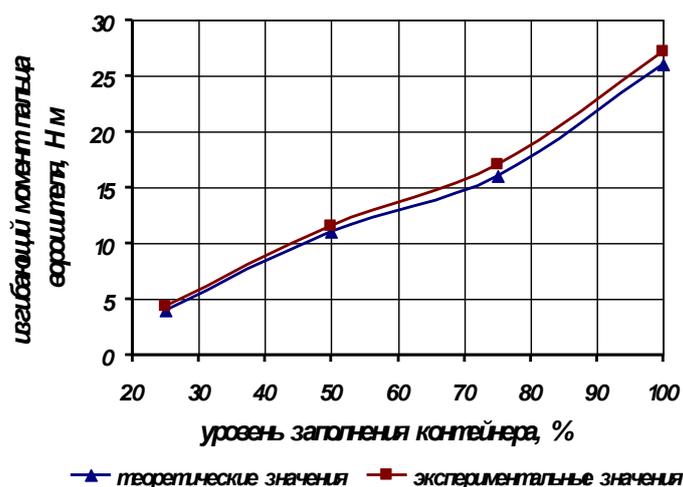
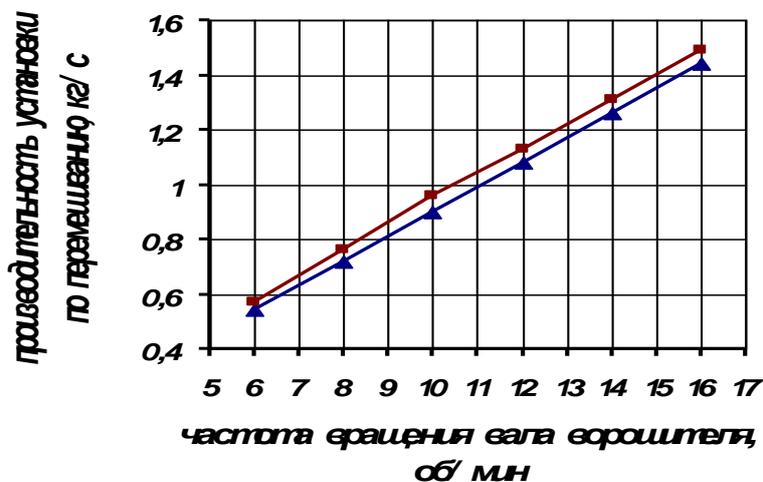


Рисунок 7.26 - Зависимость изгибающего момента пальца ворошителя от уровня заполнения контейнера

Из рисунка 8.13 видны расхождения теоретических и экспериментальных данных, соответствующие интервалу заложения растительного материала (в процентах) - [50;100]. Это происходит вследствие того, что при увеличении высоты заложения растительного материала увеличивается сопротивление растительной среды, которая, в свою очередь, оказывает влияние на вязкость растительного материала. При этом области изменения вязкости растительного материала расположены хаотично.

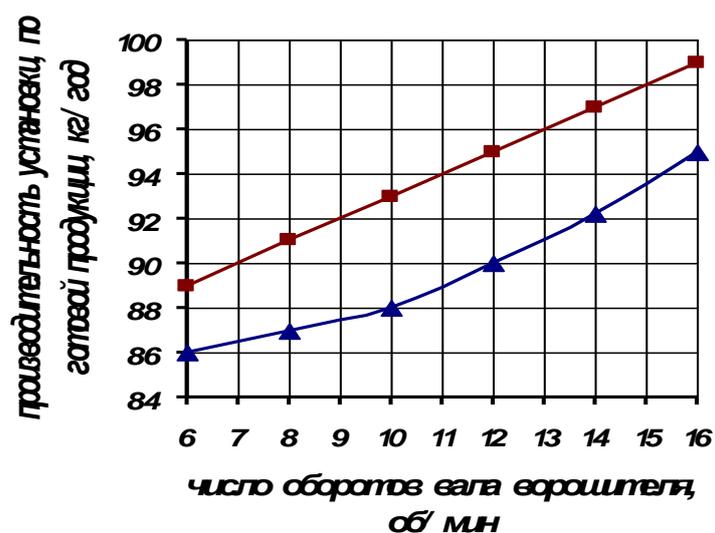
Экспериментальные значения мощности пальца ворошителя исследовали с помощью тарифовочного графика (приложение А). Расхождение теоретических и экспериментальных значений незначительно (7 %). Максимальный изгибающий момент пальца ворошителя более чем в 100 раз меньше предельно допустимого изгибающего момента, что может свидетельствовать о высокопрочностных характеристиках при выборе материала пальца.

Оценивая производительность установки (рисунок 7.27), приходим к выводу, что наиболее значимым параметром будет являться частота оборотов вала, которая является неотъемлемым критерием однородности перемешивания. Учитывая то, что процесс перемешивания является ключевым фактором в оценке готовой продукции, так как является функцией аэрации и увлажнения, которая в свою очередь распределена равномерно, необходимо оценить производительность по готовой продукции (рисунок 7.28).



—▲— теоретические значения —■— экспериментальные значения

Рисунок 7.27 - Зависимость производительности установки по перемешиванию от частоты вращения вала ворошителя



▲ теоретические значения ■ экспериментальные значения

Рисунок 7.28 – Зависимость производительности установки по готовой продукции от частоты вращения вала ворошителя

Теоретические и экспериментальные данные нашли допустимое согласие на данном частотном интервале. На оптимальной частоте 16 об/мин теоретическая и экспериментальная производительности по перемешиванию равны соответственно 1,44 кг/с (5,18 т/ч) и 1,49 кг/с (5,37 т/ч), при этом расхождение составляет 3,5 %.

Величина производительности однозначно зависит от частоты вращения вала ворошителя, экспериментальные данные превосходят теоретические незначительно (расхождение не более 7 %) и аппроксимация значений производительности дает линейную функцию как в теории, так и в эксперименте. Это обстоятельство приводит к согласованию теоретической модели с решением поставленных практических задач.

Для оценки экономической эффективности необходимо учесть один из критериев оптимизации, такой как удельные энергозатраты процесса ворошения (рисунок 7.29) и удельные энергозатраты по готовой продукции (рисунок 7.30).

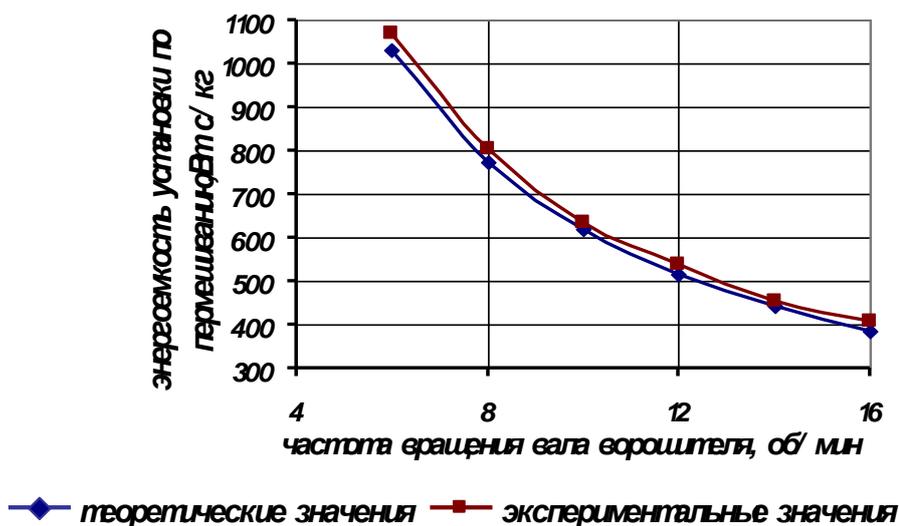


Рисунок 7.29 – Зависимость энергоёмкости установки по перемешиванию от частоты вращения вала ворошителя

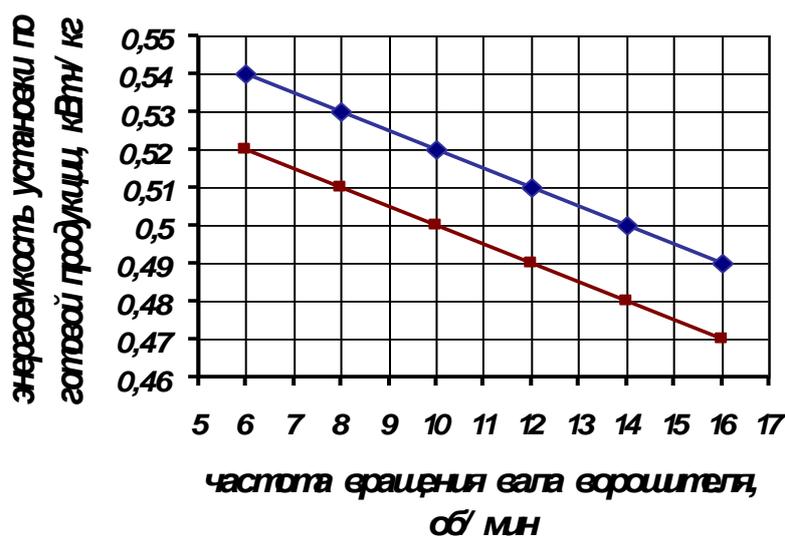


Рисунок 7.30 – Зависимость энергоёмкости установки по готовой продукции от частоты вращения вала ворошителя

На рисунке 7.29 видно, что диапазон изменения энергоёмкости по перемешиванию достаточно широк в рабочем интервале частот вращения вала ворошителя 6...16 об/мин. С увеличением частоты вращения вала ворошителя, энергоёмкость установки, как по перемешиванию, так и по готовой продукции уменьшается.

Из рисунка 7.30 видно, что энергоемкость по готовой продукции имеет достаточно узкий интервал значений, что говорит о наиболее точных значениях, полученных в результате экспериментальных и теоретических исследований.

Расхождение теоретических и экспериментальных значений не превышали 9 %, что свидетельствует о достаточной согласованности теории и практики в процессе ворошения при заданном интервале частот оборотов вала.

Значения производительности и энергоемкости по готовой продукции позволяют сделать вывод о том, что выбранный нами прием перемешивания, является оптимальным.

8 Универсальный измельчитель растительных материалов

Представляемое нами устройство предназначено для измельчения и смешивания отходов садоводства и полеводства, закладываемых в компост. Для измельчения древесного растительного материала имеются два зубчатых вала различного диаметра и прижимная пластина с винтом для регулирования зазора между валком и стенкой бункера; ножевая секция закрытого типа оборудована заслонкой для более тщательного измельчения недревесного растительного материала с различным строением стебля; кроме того, для перемещения универсального измельчителя в горизонтальной плоскости на раме предусмотрены ролики. Применение универсального измельчителя древесно-растительных отходов позволит получать однородную массу из частиц необходимого для компостирования размера.

На рисунке 8.1 схематично изображен предлагаемый универсальный измельчитель растительных материалов. Конструктивно малогабаритный универсальный измельчитель состоит из двухсекционного бункера 1, выполненного из металлических листов, в стенках которого, в подшипниках закреплен горизонтальный вал 7 с режущим аппаратом в виде ножей 2, закрепленных на штифтах и ножей 3, закрепленных непосредственно на валу, для измельчения недревесного растительного материала в одной секции с заслонкой 13, а так же режу-

шим аппаратом для измельчения древесного материала в виде зубчатых валков 4, 5 различного диаметра и прижимной пластины 6 с винтом во второй секции. Нижняя часть бункера выполнена в виде усеченного конуса 8, с заслонкой 9 и выгрузным каналом 10. Бункер установлен на раме 11 с роликами 12 для перемещения измельчителя.

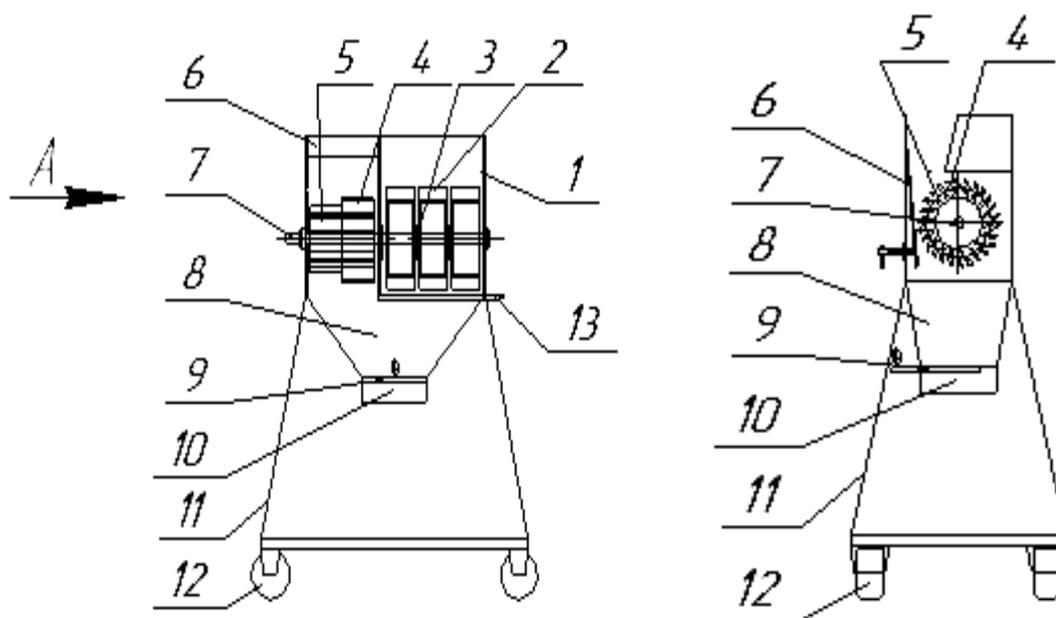


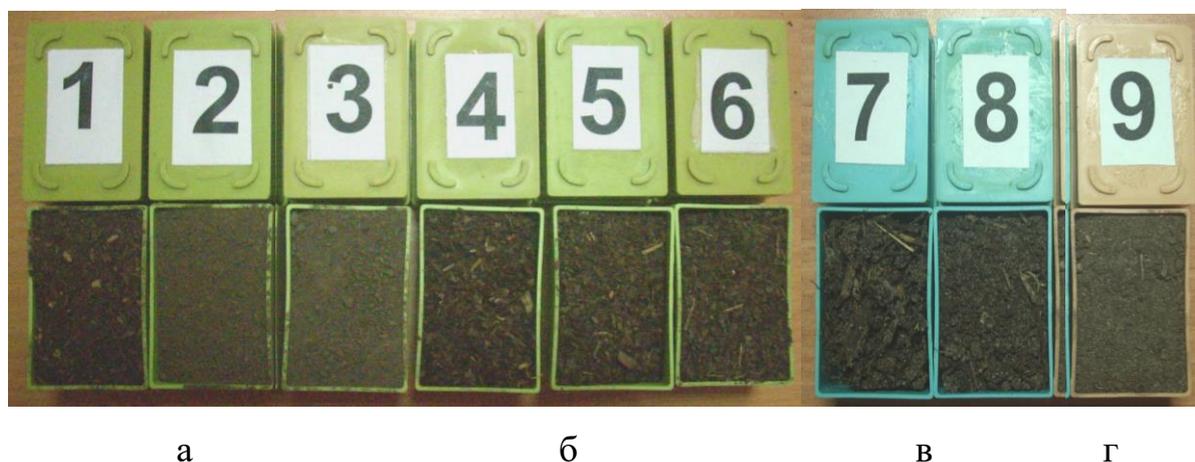
Рисунок 8.1 - Универсальный измельчитель растительных материалов

Устройство работает следующим образом. При закрытых заслонках с помощью режущего аппарата в виде зубчатых валков и ножевого аппарата измельчают ветки и волокнистый растительный материал, который поступает из камеры древесного материала непосредственно после прохождения валков, а из камеры недревесного материала только после открывания заслонки в нижнюю часть бункера, выполненную в виде усеченного конуса, где перемешивается в свободном падении и выгружается в любую тару, предназначенную для компостирования или транспортировки. С помощью роликов, закрепленных на раме, измельчитель можно перемещать непосредственно к месту закладки компоста.

Таким образом, происходит измельчение и смешивание древесно-растительных отходов, предназначенных для компостирования.

9 Оценка качества получаемого компоста

При оценке качества продукта компостирования созревание является важным критерием. Незрелые компосты оказывают негативное воздействие на растения. Существуют различные методы определения зрелости компоста. В литературе чаще всего рекомендуются три теста для оценки зрелости компоста: соотношение С:N, поглощение кислорода, прорастание и скорость роста растений (редис, кресс-салат), так называемый биотест. Компост считается зрелым, если выполняются три следующих требования: соотношение С:N меньше 25, доля поглощенного кислорода меньше 150 мг O_2 /кг/час; согласованное прорастание семян кресс-салата или редиса. Нами использовались два теста – соотношение С:N и биотест (проба на редисе). Для проведения теста по редису емкости на 5 см ниже края заполняли просеянным компостом, приготовленным по различным технологиям и одну (контрольную) почвой. В емкости высевали редис, поливали и накрывали стеклом. Так как в нашем случае исследуются различные исходные материалы и условия компостирования, то мы применяли 8 емкостей с компостом (рисунок 4.1).



а – полевое компостирование (1, 2); б – лабораторное компостирование (3, 4, 5, 6); в – экспериментальное компостирование (7, 8); г – контроль (9)
1 – листовой компост, 2 - компост из растительных материалов, 3 - листовой компост с аэрацией, 4 – компост из растительных материалов с аэрацией, 5 - листовой компост без аэрации, 6 - компост из растительных материалов без аэрации, 7 – контрольный садовый, полученный с применением ручного труда, 8 – садовый, полученный в установке для приготовления компоста, 9 - почвенный грунт

Рисунок 4.1 – Образцы для биотестирования

Прорастание и рост кресс-салата (или редиса) в компосте должно быть больше 90 % по сравнению с контролем, а скорость роста растений в компосте не должна отличаться от таковой в контроле более чем на 50 %, прорастание и рост кресс-салата (или редиса) указывает на отсутствие фитотоксического эффекта компоста. Также готовность компоста для удобрения растений проверяется по цвету листочков и качеству корневой системы. Если компост зрелый, корни у растений будут толстыми, белыми, хорошо ветвящимися, с густой щеткой корневых волосков. Если редис растет быстро и без окрашивания в синий цвет, то компост можно использовать для внесения в почву. При недостаточном росте и повреждении листьев компост пригоден только для мульчирования. Определение химического состава компоста проводилось в Центральной учебно-научной испытательной лаборатории Брянской государственной аграрной академии с применением государственных стандартов для исследования почвы (ГОСТ 23740-79 «Грунты. Методы определения содержания органических веществ», ГОСТ Р 58596-2019 «Почвы. Методы определения общего азота», ГОСТ 26423-85 «Почвы. Методы определения удельной электрической проводимости, рН и плотного остатка водной вытяжки», ГОСТ 28268-89 «Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений», ГОСТ 29269-91 «Почвы. Общие требования к проведению анализов»).

В ходе экспериментальных исследований в соответствии с методикой были оценены физико-механические и технологические свойства различных образцов компоста и почвенного грунта (контроль), в частности: размерные характеристики, влажность, объемная и насыпная плотность, угол естественного откоса, зрелость компоста. Так как полученные образцы имели мелкодисперсную структуру и разница между объемной и насыпной плотностью незначительна, то можно принимая во внимание только насыпную плотность материала. Результаты определения размерных характеристик компоста приведены на рисунке 9.2.

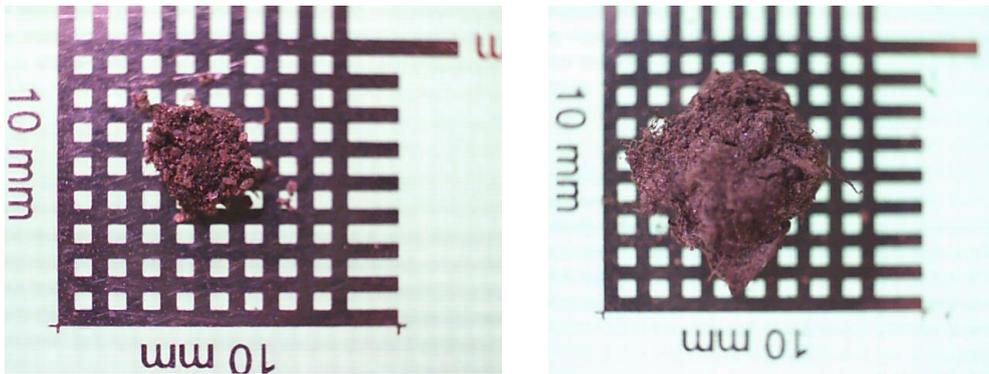


Рисунок 9.2 – Значение размерных характеристик частиц компоста

Зависимости варьирования плотности и угла естественного откоса от вида компоста (образцы №№ 1-8) и почвенного грунта (образец №9) при влажности 30 %. Анализируя рисунок 4.38 можно сделать вывод, что насыпная плотность готового компоста изменяется от 200 до 260 кг/м³ (образцы №№ 1-8). Плотность почвенного грунта составляет 800 кг/м³ (образец № 9). Результаты исследование максимального размера частиц в полученных пробах представлены на рисунке 9.3.

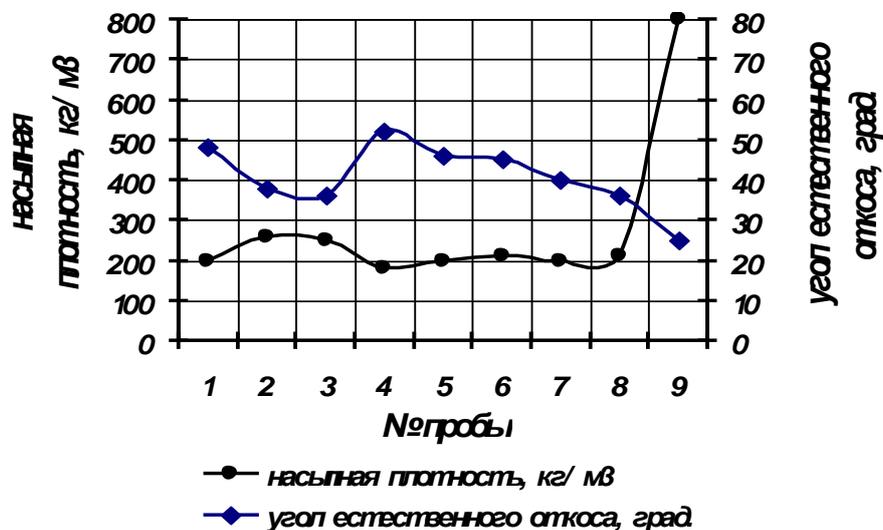


Рисунок 9.3 – Изменение значений насыпной плотности и угла естественного откоса образцов при влажности 30 %

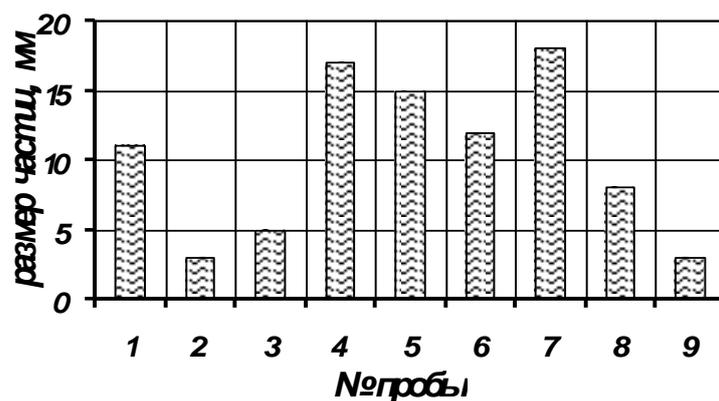


Рисунок 9.4 – Изменение значений максимального размера частиц в пробах

Угол естественного откоса изменяется от 25 (образец № 9 - почвенный грунт) до 52 град (№4 – компост из растительных материалов с аэрацией).

У компоста, полученного в экспериментальной установке (проба № 8), угол естественного откоса составлял 35 град., что характеризует его сыпучесть и способность свободно просыпаться через отверстия, не образуя свода. Насыпная плотность образца №8 составила 205 кг/м^3 , что соответствует компосту из листового опада (пробы №1 и №4), который, как правило, считается наилучшим.

Все образцы компоста после отбора неразложившихся включений имели практически однородную структуру. Максимальный размер частиц колеблется от 2,5 (пробы №2 – компост из растительных материалов в полевом компостере, № 9 – почвенный грунт) до 18 мм (проба №7 – контрольный садовый с применением ручного труда). Компост, полученный в экспериментальной установке с ворошителем (проба №8), имел максимальный размер частиц 8 мм, что отвечает требованиям, предъявляемым к размерным характеристикам качественного компоста.

Химический состав компоста, определенный в Центральной учебно-научной испытательной лаборатории БГАУ, подтверждает его соответствие ГОСТ.

Результаты оценки качественных показателей компоста по методике биотестирования были получены после посева одинакового количества семян редиса в емкости с образцами компоста и почвенного грунта (рисунок 9.5, 9.6).



Рисунок 9.5 – Оценка качественных показателей компоста



Рисунок 9.6 – Исследование корневой системы

Всходы появились на третий день в пробах 1-6, 8 и на четвертый день в пробах 7, 9. Рост растений, их окрашивание отслеживалось на протяжении семи дней. В пробах компоста, приготовленного в лабораторных условиях без аэрации (№ 5-6) растения развиваются медленнее. Результаты всхожести и внешний вид растений, полученные в пробе № 7 (контрольный вариант приготовления компоста с ручным перелопачиванием), позволяют сделать вывод о том, что компост еще недостаточно созрел. Внешний вид растений, выращенных на компосте из экспериментальной установки (проба №8), практически не отличается от растений, выращенных на двухлетнем компосте (пробы №1-2).

На восьмой день растения были извлечены для исследования корневой системы (результаты для проб 1-6 приведены на рисунке 9.7).



Рисунок 9.7 - Исследование корневой системы

Анализ результатов исследования корневой системы позволяет заключить, что растения в пробе № 8, выращенные на компосте, приготовленном в установке с ворошителем, имеют более развитую корневую систему по сравнению с контрольными образцами (пробы № 7, 9) и не отличаются от растений, выращенных на двухлетнем компосте.

Результаты испытаний химического состава на абсолютно сухую навеску представлена в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Результаты испытаний (на абсолютно- сухую навеску)

№ образца	$\text{pH}_{\text{ксл}}$	Влажность, %	Общий азот, %	Органическое вещество, %. С(общ)
1	7,15	8,51	2,7	24,74
2	6,82	2,52	0,29	3,4
3	7,29	7,64	2,04	12,14
4	7,29	3,61	0,31	3,83

Заключение

Анализ существующих технологических приемов компостирования органики показал, что в каждом из них процесс протекает, как правило, в четыре фазы, причем стремительный рост грибков отмечается во второй фазе, а появление термофильных бактерий - в третьей фазе. Смесь для компоста должна готовиться из равных частей углерод- и азотсодержащих субстратов, которые должны быть тщательно перемешаны, увлажнены (50 - 60 %) и снабжены кислородом (16 - 18,5 %). Во избежание подавления биодеградации из-за ингибирования роста микроорганизмом температура в компостируемой массе не должна подниматься выше 65 оС. Так как микробная активность проявляется на поверхности органических частиц, их размер должен находиться в пределах 15 - 50 мм.

Обращение с отходами в процессе компостирования сопряжено со множеством рисков, приоритетными из которых являются патогенные и аллергенные микроорганизмы и микробные токсины. Изучение конструкций существующих устройств и приспособлений для приготовления компоста и их классификации позволили выявить перспективное направление – приготовление компоста по технологии высокого уровня в установке для компостирования с теплоутилизацией, позволяющей механизировать во-рошение, аэрацию, увлажнение и выгрузку компоста, тем самым облегчая труд и минимизируя риски профессиональных заболеваний у работников, а так же направлять для дальнейшего использования избыточную теплоту, выделяющуюся при разложении органики.

Литература

1. Акулов, К. М. Коммунальная гигиена / К. М. Акулов, К. А. Буштуева. – М.: Медицина, 1986. – 608 с.
2. Артамонова, В. Г. Профессиональные заболевания / В. Г. Артамонова, Н. Ф. Измеров, А. М. Монаенкова. – М.: Медицина, 1996. – 480 с.
3. Афанасьев, В. Н. Критическая влажность компостируемых отходов животноводства и птицеводства / В. Н. Афанасьев, В. В. Миллер // Вестник сельскохозяйственной науки. - 1987. - № 5. - С. 133.
4. Бесько, В. А. Структура факторов профессиональной заболеваемости в Воронежской области / В. А. Бесько // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья: научно-практический журнал, - 2006. – № 25.
5. Васильев, Г. П. Состояние заболеваемости работников агропромышленного производства и основные направления и профилактики / Г. П. Васильев, П. И. Еськин, В. Г. Кирий. – Орел: ВНИИОТ, 1990. - 140 с.
6. Веселов, А. К. Компостирование требует контроля / А. К. Веселов // Садовод. - 2009. - № 49.
7. Возна, Л. И. Компосты: как повысить плодородие почвы / Л. И. Возна. – М.: Кладезь-Букс, 2009. – 62 с.
8. Гончарук, Е. И. Руководство к лабораторным занятиям по коммунальной гигиене / Е. И. Гончарук. – М.: Медицина, 1990. – 404 с.
9. Городний, Н. М. Биоконверсия органических отходов в биодинамическом хозяйстве / Н. М. Городний, И. А. Мельник. - Киев: Урожай, 1999. – 285 с.
10. ГОСТ 23740-79. Грунты. Методы лабораторного определения содержания органических веществ. Введ. 1980-01-01. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 23 с.
11. ГОСТ Р 53042-2008 Удобрения органические. Термины и определения. - Введ. 2008-15-12 – М. : Изд-во стандартов, 2010. – 16 с.
12. ГОСТ Р 53116-2008 Удобрения органические на основе органомогенных отходов растениеводства и предприятий, перерабатывающих растениеводче-

скую продукцию. Технические условия. – Введ. 2008-18-12 – М. : Изд-во стандартов, 2010. – 17 с.

13. Еськин, П. И. О профессиональной патологии работников сельского хозяйства в основных направлениях ее профилактики / П. И. Еськин, А. Г. Валагов. – Орел: ВНИИ охраны труда, 1981. – 111 с.

14. Жилов, Ю. Д. Справочник по медицине труда и экологии / Ю. Д. Жилов, Г. И. Куценко. – М.: Высш. шк., 1995. – 175 с.

15. Жирмунская, Н. М. Хорошие и плохие соседи на огородной грядке / Н. М. Жирмунская. – М.: Маркетинг, 1995. - 52 с.

16. Жирмунская, Н. М. Умный компост / Н. М. Жирмунская. – М.: Диля, 2006. – 64 с.

17. Завражнов, А. И. Конструктивные параметры устройства для снижения уплотнения в установках ускоренного компостирования / А. И. Завражнов, В. В. Миронов, П. С. Никитин // Достижения науки и техники АПК. - 2008. - № 8. - С. 45-47.

18. Завражнов, А. И. Анализ работы машины для приготовления компостов / А. И. Завражнов, В. В. Миронов, М. В. Криволапов // Техника в сельском хозяйстве. - 2009. - № 1. - С. 15-17.

19. Завражнов, А. И. Технологии и оборудование для компостирования органических отходов / А. И. Завражнов, В. В. Миронов // Техника и оборудование для села. - 2008. - № 12. - С. 19-21.

20. Измеров, Н. Ф. Профпаталогия и гигиена труда / Н. Ф. Измеров. – М.: Медицина, 1996. – 144 с.

21. Измеров, Н. Ф. Руководство по профессиональным заболеваниям / Н. Ф. Измеров. - М.: Медицина, 1983. – 133 с.

22. Ильин, И. В. Обоснование конструктивных параметров вентиляционно-отопительного оборудования с утилизацией тепла / И. В. Ильин // Технологическое и техническое обеспечение производства продукции животноводства: науч. тр. ВИМ. - М.: ВИМ, 2002. - Т. 142, ч. 2. – С. 23-32.

23. Ковалев, Д. А. Компостирование органических отходов животноводства / Д. А. Ковалев // Сельский механизатор. - 2007. - № 3. - С. 3-16.
24. Литвяков, А. М. Профессиональные заболевания / А. М. Литвяков, А. Н. Щупакова. – М.: Тесей, 2005. – 232 с.
25. Макаренко, В. П. Навоз в биогаз / В. П. Макаренко // Сельский механизатор. - 2000. - № 8. – С. 15-17.
26. Мамченков, И. П. Компосты, их приготовление и применение / И. П. Мамченков. – М.: Сельхозиздат, 1962. - 80 с.
27. Маслов, В. С. Способ переработки твердых бытовых отходов в компост / В. С. Маслов, В. Г. Корнеев, Т. М. Карюк. - М.: Эколог, 1989. – 213 с.
28. Марфенина, О. Е. Антропогенные изменения комплексов микроскопических грибов в почвах: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.00.27 - Почвоведение / О. Е. Марфенина. - М.: МГУ, 1999. - 48 с.
29. Маттиас Шен Компостирование биологических отходов - проблемы и поиски решений / Шен Маттиас // Метроном. - 1993. - № 2.
30. Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешин, П. М. Рошин. – Л.: Колос, 1980. - 168 с.
31. Миронов, В. В. Влияние активной аэрации на интенсивность протекания биотермических процессов в компостируемой смеси / В. В. Миронов, В. Д. Хмыров // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2002. - Ч. 4. - С. 668-672.
32. Миронов, В. В. Пути повышения эффективности процесса приготовления компоста из растительных отходов пищевых производств / В. В. Миронов // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. - 2005. - № 4. - С. 62-64.
33. Миронов, В. В. Исследования состава, свойств и размеров слоя компостируемой смеси / В. В. Миронов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. – Тамбов: ТГТУ, 2005. - Т. 11, № 3. - С. 762-768.

34. Миронов, В. В. Разработка и обоснование конструктивно-режимных параметров машины для приготовления компостов / А. И. Завражнов, В. В. Миронов, М. В. Криволапов // Научно-технический прогресс в животноводстве стратегия машинно-технологического обеспечения производства продукции на период до 2020 г.: сб. науч. тр. ГНУ ВНИИМЖ. – Подольск: Изд-во ВНИИМЖ, 2009. - Т.20, ч. 3. - С. 165-174.

35. Муравьева, Ю. В. Особенности формирования микрофлоры в результате компостирования / Ю. В. Муравьева, А. Р. Гальперина. – М.: Научный биологический блог, 2010.

36. Назаренко, О. Г. Топливные газы для газовых двигателей / О. Г. Назаренко // Академия энергетики. - 2007. - № 5. - 37 с.

37. Неклюдов, А. Д. Интенсификация процесса компостирования при помощи аэробных микроорганизмов / А. Д. Неклюдов, Г. Н. Федотов, А. Н. Иванкин. – Мытищи: Московский государственный университет леса, 2008.

38. Никитин, П. С. Поточный способ производства компоста / В. В. Миронов, М. С. Колдин, П. С. Никитин // Материалы 57-й научной конференции молодых ученых / Мичуринский ГАУ. – Мичуринск, 2005. - С. 135-138.

39. Никольский, К. С. Приготовление компостной смеси и исследование процессов, происходящих в ней / К. С. Никольский, Е. Б. Захарова // Химия в сельском хозяйстве. - 1994. - № 2. - С. 25.

40. Приточно-вытяжная установка теплоутилизатором: пат. № 99864 Рос. Федерация: МПК F28F 13/00, A01F 25/22 / Панова Т. В., Лумисте Е. Г., Панов М. В.; заявитель и патентообладатель ФГОУВПО "Брянская государственная сельскохозяйственная академия". - № 2010129393/02; заявл. 15.07.10; опубл. 27.11.10, Бюл. № 33. - 2 с.

41. Контейнер для растительных материалов: пат. № 102174 Рос. Федерация: МПК A01F 25/14 / Лумисте Е. Г., Панова Т. В., Панов М. В.; заявитель и патентообладатель ФГОУВПО "Брянская государственная сельскохозяйственная академия". - № 2010121260/21; заявл. 25.05.10; опубл. 20.02.11, Бюл. № 5. - 2 с.

42. Контейнер для растительных материалов: пат. № 107893 Рос. Федерация: МПК А01F 25/14 / Лумисте Е. Г., Панова Т. В., Панов М. В.; заявитель и патентообладатель ФГОУВПО "Брянская государственная сельскохозяйственная академия". - № 2011112560/13; заявл. 01.04.2011; опубл. 10.09.2011, Бюл. № 25. - 2 с.

43. Приточно-вытяжная установка для получения органического удобрения и утилизации тепла: пат. № 107894 Рос. Федерация: МПК А01F 25/22, F28F 25/00, F28F 13/00 / Лумисте Е. Г., Панова Т. В., Панов М. В.; заявитель и патентообладатель ФГОУВПО "Брянская государственная сельскохозяйственная академия". - №2011109270/13; заявл. 11.03.2011; опубл. 10.09.2011, Бюл. № 25. – 2 с.

44. Контейнер с ворошителем для приготовления компоста: пат. № 111966 Рос. Федерация: МПК А01F 25/00 / Лумисте Е. Г., Панова Т. В., Панов М. В., Шмигирилов С. Н.; заявитель и патентообладатель ФГОУВПО "Брянская государственная сельскохозяйственная академия". - № 2011128828/13; заявл. 12.07.2011; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1. - 2 с.

45. Измельчитель древесно-растительных отходов: пат. № 111967 Рос. Федерация: МПК А01F 29/00 / Лумисте Е. Г., Панова Т. В., Панов М. В., Шмигирилов С. Н. Лумисте К. О.; заявитель и патентообладатель ФГОУВПО "Брянская государственная сельскохозяйственная академия". - № 2011128830/13; заявл. 12.07.2011; опубл. 10.01.2012, Бюл. № 1. - 2 с.

46. Машиностроение: энциклопедия / авт.сост. И. Ф. Шафоростов, А. А. Вяткин, В. М. Шарипов и др. [предисл. И. П. Ксенович]. – М.: Машиностроение, 2002. – С. 143-132.

47. Панов, М. В. Теоретическое исследование процесса теплопроводности на поверхности устройства для приготовления компоста и утилизации тепла / Е. Г. Лумисте, М. В. Панов // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сб. науч. тр. – Брянск: Брянская ГСХА, 2011. – С. 51–55.

48. Панов, М. В. Анализ профессионального риска в процессе приготовления компоста / Е. Г. Лумисте, М. В. Панов // Социально-экономический по-

тенциал сельский территорий: приоритетные направления формирования и реализации. – Орёл: Орёл ГАУ, 2011. - С. 281-285.

49. Панов, М. В. Выявление доминирующих факторов при компостировании на этапе планирования эксперимента / М. В. Панов // Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации безопасности и природопользования в АПК: сб. науч. тр. – Брянск: Брянская ГСХА, 2011. - С. 112–118.

50. Панов, М. В. Приточно-вытяжная установка для приготовления компоста и утилизации теплоты / Е. Г. Лумисте, М. В. Панов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. - № 9. - С. 23-24.

51. Панов, М. В. Устройство для приготовления компоста / Е. Г. Лумисте, М. В. Панов // Сельский механизатор. - 2011. - № 10. - С. 26-27.

52. Панова, Т. В. Разработка и обоснование параметров приточно-вытяжного утилизатора тепла для улучшения микроклиматических условий в животноводческих помещениях: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Т. В. Панова. – М., 2011. – 191 с.

53. Пардаев Синдор Технология приготовления компостов из органических отходов / Синдор Пардаев. – М.: Научный Биологический блог, 2009.

54. Переверзева, Г. И. Практикум по микробиологии / Г. И. Переверзева, Е. З. Теппер, В. К. Шильникова. - М.: Дрофа, 2004. - 256 с.

55. Тареев, Е. М. Профессиональные болезни / Е. М. Тареев, А. А. Безродных. – М.: Медицина, 1976. – 408 с.

56. Тихомиров, Д. А. Эффективность использования электротеплоутилизаторов в системах обеспечения микроклимата животноводческих помещений / Д. А. Тихомиров // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: тр. 4-й междунар. науч.-техн. конф., 12-13 мая 2004 г., Москва, ГНУ ВИЭСХ. В 4 ч. Ч. 3. Энергосберегающие технологии в животноводстве и стационарной энергетике. - М.: ГНУ ВИЭСХ, 2004. – С. 256-260.

57. Шаланда, А. В. Искусство и наука компостирования / А. В. Шаланда // Коммерческая биотехнология. - М.: Академия Биотехнологии, 2009.

58. Шаланда, А. В. Оценка риска здоровью при компостировании органических отходов / А. В. Шаланда // Жизнь без опасностей. Здоровье. Профилактика. Долголетие. – 2009. - № 04; 2010. - № 01.

59. Smart Gardening Information Sheet. Backyard Composting Questions and Answers. – Department of Public Works Environmental Programs Division. Countywide Smart Gardening Program. – Publication #SG-2, December 2002.

60. Mycological control and surveillance of biological waste and compost / T. Beffa et al. // Medical Mycology. – 1998. – 36 (1). – P. 137-145.

61. Eastman, B. R. Achieving pathogen stabilization using vermicomposting / B. R. Eastman // BioCycle Magazine. - 1999. - Page 62.

62. Pathological and epidemiological aspects of skin lesions in histoplasmosis. Observations in an AIDS patient and badgers outside endemic areas of histoplasmosis / G. Grosse et al. // Zentralblatt fur Bakteriologie. – 1997. – № 285. – P. 531-539.

63. Mitchell, M. J. Role of invertebrates and microorganisms in sludge decomposition. - In: Hartenstein, R. (ed). Utilization of Soil Organisms in Sludge Management. Nat / M. J. Mitchell // Tech. Inf. Services, PB286932, Springfield, Virginia, 1978. - pp. 35-50.

ПРИЛОЖЕНИЕ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **127 284** ⁽¹³⁾ **U1**

(51) МПК
A01F 25/14 (2006.01)
C05F 17/02 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012105879/13, 17.02.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.02.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.02.2012

(45) Опубликовано: 27.04.2013 Бюл. № 12

Адрес для переписки:

243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с.
Кокино, ул. Советская, 2, кв.18, Е.Г. Лумисте

(72) Автор(ы):

Лумисте Елена Геннадьевна (RU),
Шмигирилов Сергей Николаевич (RU),
Панова Татьяна Васильевна (RU),
Панов Максим Владимирович (RU),
Рыченкова Юлия Александровна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Лумисте Елена Геннадьевна (RU),
Шмигирилов Сергей Николаевич (RU),
Панова Татьяна Васильевна (RU),
Панов Максим Владимирович (RU),
Рыченкова Юлия Александровна (RU)

(54) УСТАНОВКА С ВОРОШИТЕЛЕМ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОМПОСТА

(57) Формула полезной модели

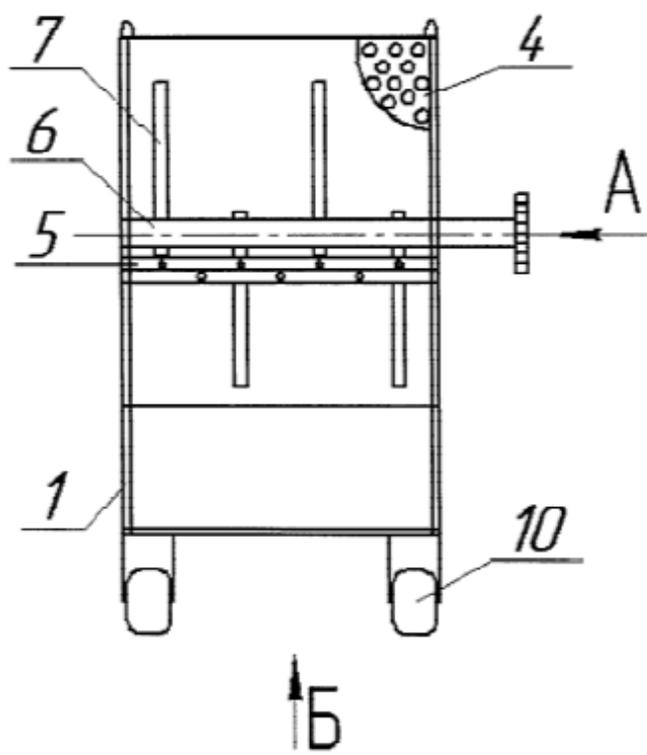
Установка с ворошителем для приготовления компоста, отличающаяся тем, что для предотвращения образования не промешиваемых пальцами по углам в нижней части контейнера зон применяется закругленное днище, а для порционной выгрузки компоста предусмотрены дополнительные боковые створки, соединенные со стенками контейнера и сворками днища рояльными петлями.

RU 127284 U1

RU 127284 U1

RU 1 2 7 2 8 4 U 1

RU 1 2 7 2 8 4 U 1



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11) **99 864** (13) **U1**

(51) МПК
F28F 13/00 (2006.01)
A01F 25/22 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ (титульный лист)

(21), (22) Заявка: 2010129393/02, 15.07.2010

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
15.07.2010

(45) Опубликовано: 27.11.2010 Бюл. № 33

Адрес для переписки:
243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с.
Кокино, ул. Советская, 2а, ФГОУ ВПО
БГСХА

(72) Автор(ы):

Панова Татьяна Васильевна (RU),
Лумисте Елена Геннадьевна (RU),
Панов Максим Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Брянская
государственная сельскохозяйственная
академия" (RU)

(54) ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНАЯ УСТАНОВКА С ТЕПЛОУТИЛИЗАТОРОМ

(57) Формула полезной модели

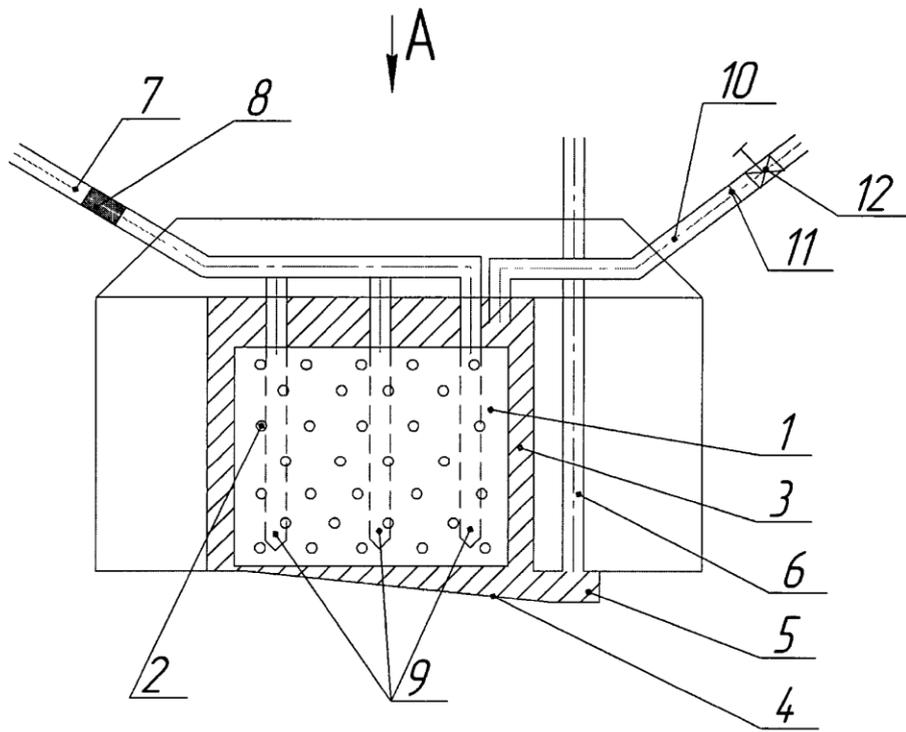
Теплоутилизатор для утилизации тепла, образующегося при хранении растительного сырья повышенной влажности, содержащий контейнер, выполненный из металлических листов с отверстиями и помещенный в бетонированный приямок с лотком, сокоборником и стояком, систему нагнетания, включающую цельную трубу со встроенным в нее насосом и перфорированные трубы для подачи воздуха к растительному сырью для удаления из него избыточного тепла, и систему воздухоотведения, включающую трубу для удаления нагретого воздуха с вентилем и фильтром.

RU 99864 U1

RU 99864 U1

RU 99864 U1

RU 99864 U1





(51) МПК
A01F 25/22 (2006.01)
F28F 25/00 (2006.01)
F28F 13/00 (2006.01)

**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
 ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2011109270/13**, 11.03.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.03.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **11.03.2011**

(45) Опубликовано: **10.09.2011** Бюл. № 25

Адрес для переписки:

**243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с.
 Кокино, ул. Советская, 2а, ФГОУ ВПО
 БГСХА**

(72) Автор(ы):

**Лумисте Елена Геннадьевна (RU),
 Панова Татьяна Васильевна (RU),
 Панов Максим Владимирович (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное
 образовательное учреждение высшего
 профессионального образования "Брянская
 государственная сельскохозяйственная
 академия" (RU)**

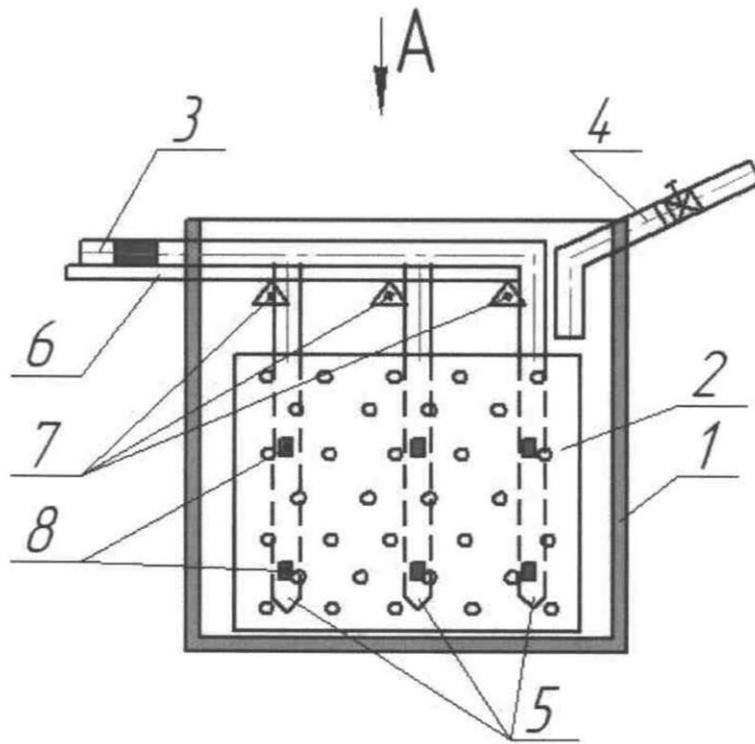
**RU
 107894
 U1**

**(54) ПРИТОЧНО-ВЫТЯЖНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО
 УДОБРЕНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА**

(57) Формула полезной модели

Приточно-вытяжная установка, отличающаяся тем, что для контроля и поддержания температуры и влажности растительного сырья на заданных уровнях используются располагающиеся на трубах аэрации приточной ветви датчики, подключаемые к отображающему получаемую с датчиков информацию устройству и оросителю.

RU 107894 U1



RU 107894 U1



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2011128830/13, 12.07.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
12.07.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.07.2011

(45) Опубликовано: 10.01.2012 Бюл. № 1

Адрес для переписки:

243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с.
Кокино, ул. Советская, 2а, ФГОУ ВПО
БГСХА

(72) Автор(ы):

Лумисте Елена Геннадьевна (RU),
Панова Татьяна Васильевна (RU),
Панов Максим Владимирович (RU),
Шмигирилов Сергей Николаевич (RU),
Лумисте Кадри Олеговна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Брянская
государственная сельскохозяйственная
академия" (RU)

(54) ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ ДРЕВЕСНО-РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

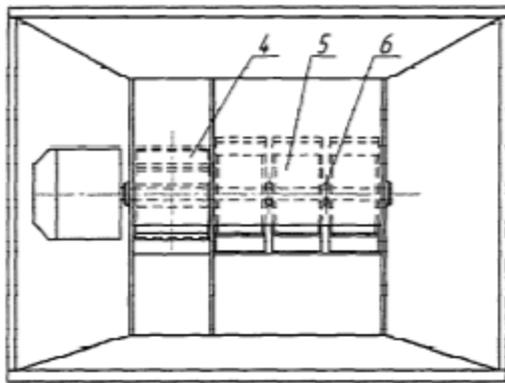
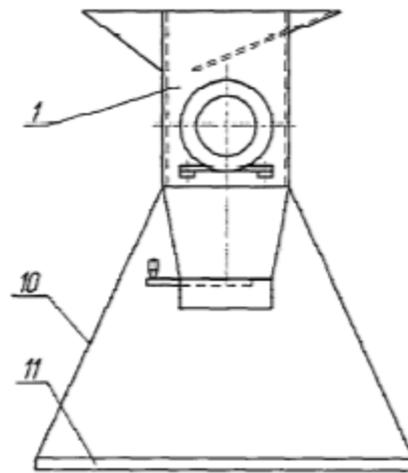
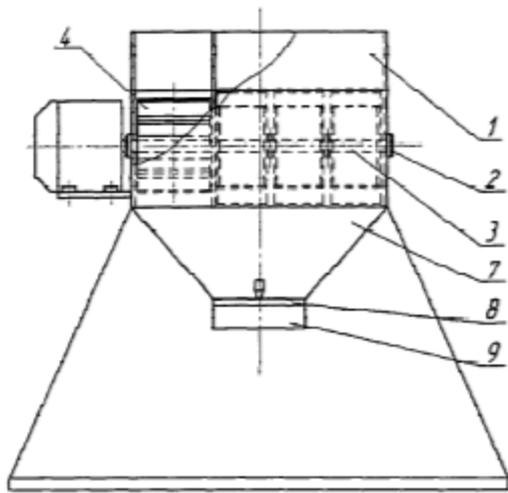
(57) Формула полезной модели

Измельчитель древесно-растительных отходов, характеризующийся тем, что для измельчения отходов садоводства и полеводства имеется две секции с единым приводным валом, одна секция с режущим аппаратом в виде зубчатого вала предназначена для измельчения веток, вторая - с режущим аппаратом в виде ножей, закрепленных на штифтах и непосредственно на валу, предназначена для измельчения волокнистого растительного материала, после измельчения растительное сырье из секций измельчителя попадает в нижнюю часть бункера, выполненную в виде усеченного конуса, где перемешивается в свободном падении и после открытия заслонки выгружается.

RU 111967 U1

RU 111967 U1

RU 111967 U1



RU 111967 U1

Научное издание

**Панова Татьяна Васильевна
Панов Максим Владимирович**

БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОПАСНОСТЬ ПРИ КОМПОСТИРОВАНИИ

Монография

Редактор Осипова Е.Н.

ISBN 978-5-88517-345-2



Подписано к печати 12.02.2024 г. Формат 60x84¹/₁₆.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 10,11. Тираж 500 экз. Изд. №7627

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ