

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский государственный университет  
генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова»**

*На правах рукописи*

**Смотряков Дмитрий Андреевич**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ  
СУБСТРАТНЫХ БЛОКОВ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ГРИБОВ  
ПУТЕМ ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ  
И РАЗРАБОТКИ ПОРШНЕВОГО ПРЕССА**

Специальность 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование  
для агропромышленного комплекса

**ДИССЕРТАЦИЯ**  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:  
д-р техн.наук, профессор  
Павлов Павел Иванович

Саратов 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	9
1.1 Анализ существующих технологий подготовки субстрата .....	9
1.2 Субстрат, используемый для выращивания грибов .....	17
1.3 Анализ существующих технических средств, применяемых для формирования субстратных блоков .....	19
1.4 Классификация технических средств, применяемых для формирования субстратных блоков .....	27
1.5 Анализ существующих исследований формирования блоков с помощью прессов .....	28
1.6 Оптимальные размеры субстратных блоков .....	32
1.7 Цели и задачи исследования .....	33
2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ БЛОКА СУБСТРАТА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ГРИБОВ ПОРШНЕВЫМ ПРЕССОМ .....	35
2.1 Общая технологическая схема формирования блока грибного субстрата поршневым прессом .....	35
2.2 Силовой анализ процесса взаимодействия материала и поршня пресса .....	36
2.3 Силовой анализ процесса формирования блока в прямом канале существующих прессов .....	37
2.4 Предлагаемая конструктивно-технологическая схема пресса для формирования блоков субстрата для выращивания грибов .....	42
2.5 Силовой анализ процесса формирования блока в предлагаемом прессе .....	44
2.6 Мощность, необходимая для привода пресса .....	51
2.7 Производительность формирования блока субстрата предлагаемым прессом .....	52
2.8 Энергоемкость формирования блока субстрата .....	53
2.9 Выводы по главе .....	54
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	55
3.1 Методика исследования физико-механических свойств субстрата для выращивания грибов .....	56
3.2 Описание экспериментальной установки .....	58
3.3 Программа и методика экспериментальных исследований .....	61
3.4 Последовательность проведения опытов .....	65

3.5 Выводы по главе .....	70
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	71
4.1 Результаты исследований физико-механических свойств сырья, используемого для субстрата .....	72
4.2 Результаты экспериментальных исследований .....	74
4.3 Влияние угла сужения пресса и скорости движения поршня на плотность получаемого субстратного блока .....	75
4.3.1 Влияние угла сужения пресса и скорости движения поршня на плотность получаемого блока при использовании соломы .....	75
4.3.2 Влияние угла сужения камеры пресса и скорости движения поршня на плотность получаемого блока при использовании .....	78
4.3.3 Влияние угла сужения камеры сжатия пресса и скорости движения поршня на плотность получаемого блока при использовании древесной щепы как исходного сырья .....	81
4.4 Влияние угла сужения камеры сжатия пресса и скорости движения поршня на усилие, приложенное к поршню .....	84
4.4.1 Влияние угла сужения камеры сжатия пресса и скорости движения поршня на усилие на поршне при использовании резки соломы .....	85
4.4.2 Влияние угла сужения камеры сжатия пресса и скорости движения поршня на усилие на поршне при использовании .....	88
4.4.3 Влияние угла сужения камеры пресса и скорости движения поршня на усилие на поршне при использовании древесной щепы как исходного сырья .....	90
4.4 Исследование производительности предлагаемого поршневого пресса .....	93
4.5 Сходимость результатов теоретических и экспериментальных исследований .....	96
4.6 Выводы по главе .....	97
5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ .....	99
5.1 Производственные испытания машины для формирования субстратных блоков .....	99
5.2 Расчет технико-экономической эффективности .....	100
5.3 Выводы по главе .....	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	105
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ .....	107
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ .....	107
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	108
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	120

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Выращивание грибов становится всё более востребованным направлением сельского хозяйства, что связано с растущим спросом на продукцию, обладающую высокими пищевыми и диетическими качествами. Грибы являются источником белка, витаминов и микроэлементов, при этом они обладают низким содержанием жиров и углеводов, что делает их ценным продуктом. В последние годы особое внимание уделяется развитию технологии промышленного грибоводства, которая позволяет обеспечить стабильное производство грибов в больших объёмах, удовлетворяя потребности рынка.

В России грибное производство за последние 7 лет выросло в 10 раз, однако оно не может полностью удовлетворить имеющийся спрос. Объём производства грибов в России 86,3 тыс. т, при этом в ежегодно в нашей стране потребляется до 180 тыс. т.

Грибы вешенки получили наибольшее распространение и выращиваются на специально подготовленных субстратных блоках. Распространена ксеротермическая технология подготовки субстрата, которая отличается высоким уровнем технологичности. Субстрат для выращивания грибов включает в себя разнообразные компоненты, содержащие легниноцеллюлозу. Используют солому, лузгу подсолнечника, древесную щепу и др.

Важную роль играют машины для формирования субстратных блоков. В настоящее время серийное производство таких машин практически отсутствует. В промышленном грибоводстве используют оборудование, разработанное самими грибоводческими предприятиями.

Наибольшее распространение получили технологические схемы изготовления субстратных блоков сжатием субстрата в корпусе пресса за счет использования гидроцилиндров с поршнем. Субстрат дозируют, в него вносят рассчитанное количество посевного материала, далее следует загрузка в камеру сжатия, затем субстрат сжимается и подается через фильеру в полиэтиленовый пакет.

Проведенный анализ существующих конструкций машин, используемых для механизации формирования субстратных блоков, показал, что их применение в условиях промышленного производства требует повышенных трудозатрат, мно-



гие конструкции не обеспечивают необходимых качественных характеристик при формировании субстратных блоков.

**Степень разработанности темы.** Вопросами разработки и обоснования параметров прессов для различных отраслей сельскохозяйственного производства занимались отечественные ученые В. Ю. Фролов, И. Н. Краснов, Т. А. Мальцева, И. В. Назаров, Д. В. Гурьянов, Л. Н. Родина и др.

Вместе с тем исследований процессов формирования субстратных блоков для выращивания грибов недостаточно. Также практически отсутствует обоснование параметров машин данного назначения. В связи с этим применяемые разработки часто не обеспечивают необходимых характеристик субстратных блоков, что приводит к снижению эффективности производства.

**Цель работы** – Обоснование конструктивно-режимных параметров гидравлического поршневого пресса, обеспечивающего требуемое качество и повышение производительности формирования субстратных блоков.

**Задачи исследований:**

- на основе анализа существующих исследований технических средств, используемых для формирования субстратных блоков, определить возможность повышения их эффективности и разработать новую конструкционную схему гидравлического поршневого пресса;
- провести анализ основных физико-механических характеристик исходных материалов субстрата, используемого для искусственного культивирования грибов;
- исследовать теоретически процесс изготовления субстратного блока и разработать аналитические выражения для определения усилий взаимодействия рабочих органов, производительности и энергоемкости предлагаемого пресса;
- провести экспериментальные исследования для выявления влияния конструктивных параметров и режимов движения поршня на качество формирования субстратных блоков и усилия взаимодействия поршня с субстратом;
- провести испытания предлагаемой конструкции пресса для формирования субстратных блоков в условиях производства и определить его технико-экономическую эффективность.

**Объект исследования** – технологический процесс формирования субстратного блока в поршневом прессе при культивировании грибов.

**Предмет исследования** – закономерности изменения усилий взаимодействия и качественных показателей субстратных блоков от конструктивных параметров и режимов работы пресса.

**Научная новизна** работы состоит:

- в обосновании новой конструктивно-технологической схемы поршневого пресса, оснащенного камерой сжатия переменного сечения;
- в получении аналитических выражений для определения усилий взаимодействия поршня с субстратом, мощности привода, производительности и энергоемкости гидравлического поршневого пресса для формирования субстратных блоков;
- в получении экспериментальных зависимостей и уравнений регрессии, описывающих влияние параметров пресса на плотность получаемого субстратного блока, усилий его прессования и формирования.

Теоретические исследования проводили на основании математического анализа и классической механики. Экспериментальные исследования были проведены с применением существующих ГОСТов и методик; также были разработаны частные экспериментальные методики.

**Теоретическая и практическая значимость работы** состоит в получении аналитических выражений, используемых для определения необходимых производительности и энергоемкости рабочих органов пресса. Проведен силовой анализ, описывающий процесс формирования субстратного блока. Обоснованы конструктивные и режимные параметры. Полученные результаты могут быть использованы для определения параметров прессов грибного субстрата в проектных и конструкторских организациях при различных условиях на стадии проектирования. Внедрен в производство и прошел производственные испытания в ООО «Дерли».

**Методология и методы исследования.** Основу методологических исследований составили методы системного анализа и математической статистики. Теоретические исследования проводили на основании математического анализа и

классической механики. Экспериментальные исследования были проведены с применением существующих ГОСТов и методик; также были разработаны частные экспериментальные методики. Результаты экспериментов обрабатывали при помощи ПК и типовых программ MathCad и Excel.

**Положения, выносимые на защиту:**

- теоретическое обоснование конструктивно-технологической схемы гидравлического поршневого пресса для грибного субстрата;
- аналитические зависимости, позволяющие определить влияние конструктивных и режимных параметров на значения усилия взаимодействия поршня с субстратом, необходимой приводной мощности пресса, а также производительности и энергоемкости процесса формирования субстратных блоков;
- результаты экспериментально-теоретического обоснования рациональных конструктивных и режимных параметров поршневого пресса.

**Степень достоверности и апробации результатов.** Достоверность результатов экспериментов подтверждена необходимым количеством проведенных исследований, а также их высокой степенью точности, осуществлением статистического анализа полученных данных при помощи типового программного обеспечения; применены современные методики для обработки полученных в ходе исследования экспериментальных данных; в ходе проведения эксперимента использованы поверенные измерительные приборы.

Основные положения научно-квалификационной работы были изложены на конференциях профессорско-преподавательского состава по итогам научно-исследовательской деятельности за 2021–2024 гг. Саратовского государственного аграрного университета имени Н. И. Вавилова; на Международном научно-технической конференции им. В. В. Михайлова «Проблемы экономичности и эксплуатации автотракторной техники» (Саратов, Вавиловский университет, 2023 и 2024 гг.); на Региональной научно-технической конференции, посвященной 110-летию Вавиловского университета «Проблемы и перспективы развития АПК: технические и сельскохозяйственные науки».

По результатам исследований опубликовано 10 печатных работ, в том числе

2 статьи в рецензируемых журналах, получены 2 патента РФ.

Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения, списка литературы из 120 наименований (в том числе 5 на иностранном языке), приложений. Текст диссертации изложен на 148 страницах компьютерного текста, содержит 6 таблиц и 61 рисунок.

## 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Выращивание грибов в теплицах является быстроразвивающейся отраслью, что обуславливает необходимость совершенствования технологий и применяемых технических средств. Одной из наиболее важных операций является подготовка субстрата. В настоящее время имеется ряд технологий и технологических приемов.

### 1.1 Анализ существующих технологий подготовки субстрата

Наиболее распространенными являются следующие технологии подготовки субстрата.

**1. Ксеротермическая технология.** Данная технология набирает популярность среди грибоводов благодаря сочетанию ряда её преимуществ, которые делают процесс выращивания грибов более эффективным и экономически целесообразным.

Технология характеризуется низким энергопотреблением, что способствует снижению операционных затрат, что важно для промышленного применения. Это делает её привлекательной для хозяйств различного масштаба, стремящихся к повышению энергоэффективности. Особое значение имеет возможность полной механизации процесса, которая позволяет минимизировать трудозатраты и повысить производительность.

Технологический процесс включает в себя:

1. Нагревание воздушно-сухого субстрата паром до 100 °С при атмосферном давлении.
2. Выдерживание его в течение 1,5 ч (для соломы и лузги подсолнечника) или 3–4 ч (для смесей с кострами льна).
3. Увлажнение холодной водопроводной водой.

Оптимальный способ ксеротермической обработки предполагает использование частично переоборудованных запарников-смесителей (рисунок 1.1).

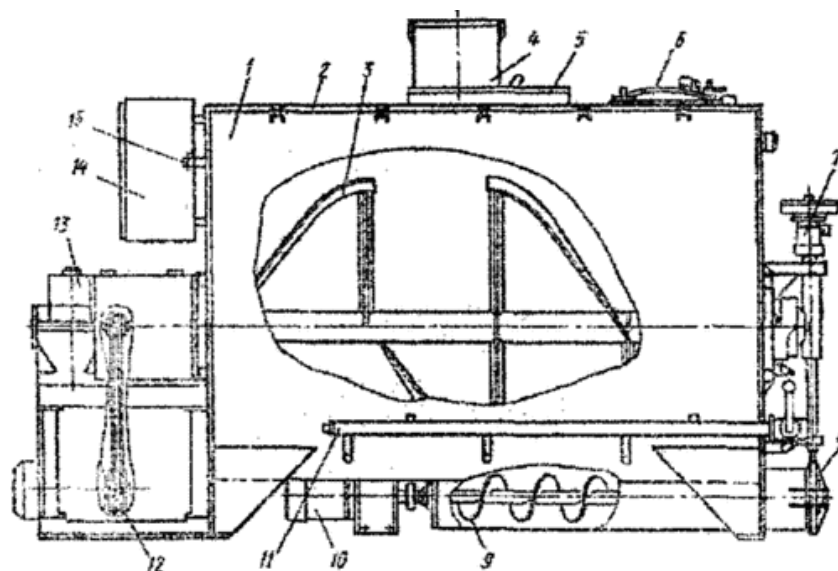


Рисунок 1.1 – Смеситель кормов одноовальный СКО-Ф-3-1: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – мешалка; 4 – загрузочная горловина; 5 – шиберная заслонка; 6 – смотровой люк; 7 – привод выгрузного шибера; 8 – выгрузной шибер; 9 – выгрузной шнек; 10 – привод выгрузного шнека; 11 – парораспределитель; 12 – электродвигатель; 13 – редуктор; 14 – пульт управления; 15 – ороситель

Для этой технологии нужно обязательно измельчить сырье. На 1 т воздушно-сухого сырья добавляют 1,5–2,0 т воды. Влажность субстрата на выходе не должна превышать 70 %. Работы проводят при соблюдении высоких санитарных требований.

**2. Гидротермическая технология приготовления субстрата.** В настоящее время эта технология является самой популярной среди грибоводов. Благодаря высокой теплоемкости и теплопроводности воды, обработка субстрата проходит эффективно. Комбинированное использование предварительного увлажнения и термообработки в небольших емкостях объемом 0,2–4,0 м<sup>3</sup> позволяет сократить затраты, что особенно привлекательно для начинающих производителей.

Существует множество вариаций этой технологии, но их можно разделить на два основных направления.

Первое направление – это максимально короткая термическая обработка, которая длится от 3 до 5 ч при температуре воды 80...90 °С. Затем воду сливают, дают субстрату стечь, извлекают его из емкости и после остывания фасуют в пакеты. Также можно сразу охлаждать субстрат водопроводной водой, часто с добавлением раствора фундазола или известкового молока. Этот метод направлен на

использование эффекта термошока и промывки субстрата, а не на развитие его селективных свойств.

Второе направление – это попытка развить в субстрате определенные селективные свойства, несмотря на сокращенное время обработки. При достаточном опыте многие грибоводы успешно справляются с этой задачей. Процесс включает в себя несколько этапов и параметров: рабочая емкость должна быть объемом 2–4 м<sup>3</sup>. Обычно в качестве субстрата используют лузгу подсолнечника или солому зерновых культур. Субстрат заливают водой и нагревают при помощи ТЭНов, установленных под отделительным решетом, или паром до температуры 65...70 °С в средней точке массы. Нагрев длится от 6 до 12 ч. Затем вносят корректировки в зависимости от качества сырья: свежую солому оставляют остывать в воде, использованную – воду сразу сливают. Для обоих типов соломы весь процесс занимает не менее суток, а при открытии емкости на следующий день температура субстрата должна составлять 45...58 °С. После остывания субстрат извлекают и используют.

Более простой метод включает в себя заливку субстрата кипятком и выдерживание. Важно, чтобы большую часть времени субстрат находился при температуре 55...65 °С. Это способствует активизации ферментативных процессов и усилению селективных свойств. Недостатком является то, что времени может не хватить для существенного накопления этих свойств.

**3. Классическая пастеризация в тоннелях.** Эта технология опирается на многолетний опыт грибоводов в создании компостов для шампиньонов. Она считается перспективной и особенно подходит для крупных грибоводческих хозяйств. Для её реализации требуется бетонированная площадка с твердым покрытием или неглубокий бассейн для замачивания большого количества соломы. Важнейший элемент технологического процесса – использование специализированного тоннеля (рисунок 1.2).

В зависимости от размеров тоннеля в него можно загрузить от 5 до 100 т влажного соломистого субстрата. Для загрузки и выгрузки таких больших объемов потребуются дополнительные механизмы.

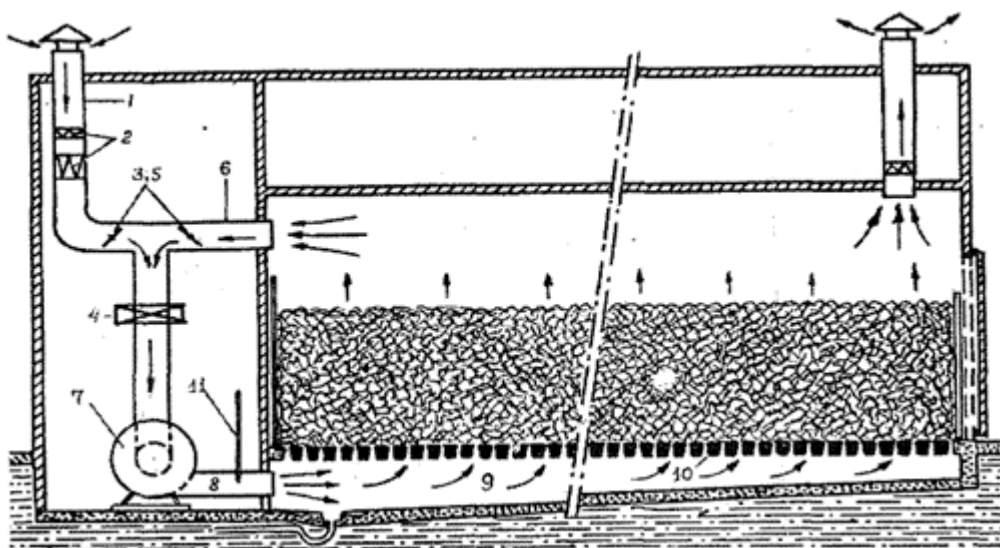


Рисунок 1.2 – Конструкция тоннеля: 1 – шахта приточной вентиляции; 2 – фильтр микробиологической очистки воздуха; 4 – элемент охлаждения воздуха; 3, 5 – регулирующие клапаны наружного и внутреннего давления; 6 – заборный воздуховод рециркуляционного воздуха; 7 – вентилятор; 8 – диффузор; 9 – камера статического давления; 10 – щелевой пол тоннеля; 11 – трубопровод подачи пара

Процесс подготовки субстрата по классической технологии начинается с длительного увлажнения соломы на специальной площадке. Влажность соломы перед загрузкой в тоннель должна быть 74–75 %. Во время увлажнения в субстрате проходят процессы полной гидратации естественной микрофлоры, что приводит к активации всех покоящихся форм микроорганизмов.

Следующим шагом является загрузка субстрата в тоннель. Идеально использовать выдвижной телескопический транспортер. Основные требования при заполнении тоннеля: высота слоя субстрата должна быть от 1,5 до 2,2 м, заполнение должно быть равномерным и быстрым. Поскольку солома – рыхлый материал, её усадка может составить до полуметра. На 1 м<sup>2</sup> можно загрузить до 1000 кг увлажненной соломы. Верхний слой субстрата должен находиться на расстоянии не менее 1 м от потолка и не касаться ворот тоннеля. Для этого перед воротами устанавливают доски опорного щита в специально подготовленные пазы.

После загрузки тоннель закрывают и включают вентиляцию для выравнивания температуры в массе. Субстрат нагревают паром, подаваемым вместе с воздухом. Расход пара составляет 20–25 кг/ч на 1 т субстрата, воздуха – 200–250 м<sup>3</sup>/ч на 1 т субстрата.



Время, необходимое для достижения параметров пастеризации, может варьироваться от 10 до 12 ч, а в зимний период его часто увеличивают до 20–26 ч. Оптимальная температура пастеризации составляет 59...62 °С.

Этапу ферментации предшествует постепенное снижение температуры субстрата до 45...50 °С при увеличении подачи свежего воздуха. Продолжительность ферментации составляет от 24 до 72 ч. По завершении этого процесса субстрат охлаждают свежим воздухом в течение 4–10 ч. График пастеризации и ферментации необходимо корректировать в зависимости от состава субстрата.

Преимущества классической технологии, которая включает в себя пастеризацию субстрата в тоннеле с последующей ферментацией, на сегодняшний день очевидны. Качественные характеристики субстрата значительно превышают результаты любых других методов обработки.

Применение определенных температур при продолжительном воздействии максимально активизирует питательный потенциал соломистого субстрата для мицелия вешенки. Развитие и накопление термофильной микрофлоры способствуют постепенному формированию селективных свойств субстрата, что способствует развитию вешенки в отсутствие конкурентных организмов на подготовленном субстрате и положительно сказывается на урожайности. Процесс легко управляем, что обеспечивает однородность качества субстрата. Использование механизации делает эту технологию основой для создания крупных производств субстрата для выращивания вешенки.

Для успешного выращивания грибов необходимо использовать качественные субстратные блоки, которые отвечают определенным технологическим требованиям. Основные характеристики и критерии качества субстратных блоков включают в себя несколько ключевых аспектов.

Во-первых, субстратные блоки должны обеспечивать оптимальные условия для развития грибного мицелия. Это означает, что субстрат должен быть структурно однородным и иметь подходящую влажность для поддержания активного роста и развития грибов. Структурная однородность важна для равномерного распределения мицелия и обеспечения одинаковых условий для всех блоков.

Во-вторых, субстратные блоки должны быть стерильными и не содержать патогенных микроорганизмов или конкурентных флор. Это помогает избежать развития болезней и конкуренции с другими микроорганизмами, что может снижать урожайность и качество грибов.

Третий аспект – правильное соотношение компонентов субстрата. Использование определенных типов сырья, таких как солома злаковых, древесная щепа или лузга подсолнечника, должно быть оптимизировано с учетом требований конкретного вида грибов. Например, для различных штаммов грибов могут требоваться разные соотношения углеводов и азота в субстрате.

Кроме того, важно учитывать экологические аспекты производства субстратов. Использование экологически чистых материалов и технологий способствует сохранению окружающей среды и созданию устойчивых производственных практик.

Также субстратные блоки должны быть легко обрабатываемыми и удобными для транспортирования и размещения в камере выращивания. Это упрощает процессы ухода за грибами, сбор урожая и обеспечивает длительное нахождение в камере выращивания без потери качества субстрата.

Все эти требования помогают создать оптимальные условия для выращивания высококачественных грибов, обеспечивая устойчивое и эффективное производство на грибных фермах.

Для создания грибных гифов требуется упаковать готовый грибной субстрат в полиэтиленовые пакеты с учетом определенных параметров:

- влажность субстрата: должна составлять 60–75 %, что зависит от типа и метода подготовки сырья. Влажность определяют лабораторно и рассчитывают по специальной формуле;
- количество посевного материала – 3–5 % от общей массы субстрата;
- площадь открытой поверхности – не менее 4 % и не превышать 8 % общей площади;
- форма и расположение перфораций: перфорации могут быть любой формы, но наиболее эффективными считаются те, которые создают более сильную зону для плодообразования. Расположение перфораций зависит от конкретной компоновки блоков;

- форма и размеры блоков могут варьироваться в пределах от 15 до 40 см в диаметре.
- масса блока варьируется в зависимости от используемого оборудования и составляет от 3 до 25 кг.
- фиксацию полиэтиленового рукава осуществляют путем тщательного за-вязывания или заклеивания скотчем, обеспечивая плотное прилегание к субстрату и исключая образование воздушных пузырей;
- рН субстрата поддерживают в диапазоне от 7,5 до 8,5. Методика измерения этого показателя включает в себя заливку одной части субстрата десятью частями дистиллированной воды, перемешивание, фильтрацию и измерение кислотности рН-метром через 20 мин;
- плотность распределения субстрата составляет 400–500 г на 1 литр объема, что обеспечивает его равномерное распределение по всему объему;
- внесение мицелия осуществляется равномерно по всей массе блока, что способствует оптимальному развитию грибов;
- геометрическая форма блока определяется используемым оборудованием и может представлять собой брикет, цилиндр и другие варианты, подходящие для конкретных технологических процессов.

Перечисленные параметры играют ключевую роль в создании оптимальных условий для развития грибных гифов, обеспечивая высокую продуктивность и качество урожая.

Технология культивирования грибов в климатических камерах является важным этапом в современном грибном хозяйстве. Этот подход позволяет создать идеальные условия для развития грибного мицелия и формирования плодовых тел.

Основными преимуществами использования климатических камер являются контроль и поддержание оптимальных параметров окружающей среды. В первую очередь, это касается температуры и влажности, которые критически важны для успешного развития грибов. Точное регулирование этих параметров позволяет адаптировать условия под конкретные потребности различных видов грибов в разные периоды их жизненного цикла.

Климатические камеры также обеспечивают защиту от внешних воздействий, таких как изменения погоды, насекомые и болезни, что существенно снижает риск потери урожая и повышает его качество и предсказуемость.

Еще одним важным аспектом является возможность использования автоматизированных систем управления, которые осуществляют мониторинг и поддерживают оптимальные условия в камерах. Это не только упрощает процесс ухода за грибами, но и позволяет сократить затраты на трудовые ресурсы и повысить производительность хозяйства.

Кроме того, климатические камеры способствуют улучшению равномерности урожая и его качества за счет стабильности условий внутри камеры. Это особенно важно для регулирования освещения и газообмена, что влияет на формирование и размер плодовых тел.

Таким образом, технология культивирования грибов в климатических камерах представляет собой передовой подход, который сочетает в себе научные знания, современные технологии и экологическую ответственность, обеспечивая стабильный и высокоэффективный процесс производства грибов.

Для обеспечения плодоношения грибов блоки в мешках, ящиках или контейнерах переносят в специальное выростное помещение, где создают оптимальные условия. Блоки выкладывают в штабеля высотой 80–100 см и шириной 40–60 см, оставляя между ними свободное пространство шириной 90–100 см для удобства ухода и сбора урожая. Мешки с блоками можно также укладывать на стеллажи или подвешивать на расстоянии 30–40 см друг от друга, приоткрыв их на 2/3 длины.

Температурный режим в выростном помещении зависит от штамма грибов: для «зимних» штаммов рекомендуется 11...15 °С, для «летних» – 18...20 °С. Для инициирования плодоношения «зимних» штаммов блоки первые 4–5 дней выдерживают при 5...7 °С для создания «холодного шока».

Относительная влажность воздуха в помещении должна быть около 95 %. Это достигается мелкодисперсным распылением влаги или поливом пола и стен водой. В первые дни следят, чтобы на блоки не попадала капельная влага. Затем

блоки увлажняют с помощью распылителя несколько раз в день. Полив достаточно проводить 2 раза в сутки, но при влажности воздуха ниже 95 % количество поливов увеличивают до 4–5.

Плодоношение обычно начинается на 8–12-й день после выставления блоков в помещение. В это время на вертикальных стенках и в перфорациях мешков появляются зачатки плодовых тел, которые через 8–10 дней достигают стандартных размеров. Во время развития плодовых тел относительная влажность воздуха в помещении снижается до 80–85 %, что способствует нормальному формированию плодовых тел с хорошо развитой шляпкой и короткой ножкой.

Освещение играет значительную роль в процессе плодоношения. Для инициирования плодоношения необходимо освещение на уровне 30–40 люкс. С появлением зачатков плодовых тел освещенность следует увеличивать. Оптимальная освещенность для нормального роста плодовых тел составляет 200–700 люкс в течение 10–12 ч в сутки. При нехватке естественного света рекомендуется использование ламп дневного света.

Качественное плодоношение также зависит от адекватного газообмена и содержания углекислоты в воздухе. Избыточное содержание углекислоты (более 0,4 %) может привести к аномальному развитию плодовых тел. Для регулирования уровня углекислоты необходимо обеспечить обмен воздуха, подавая свежий воздух 8–10 раз в течение 1 ч или 150 м<sup>3</sup> на 1 т субстрата.

После сбора урожая блоки обрабатывают 2–4%-м раствором хлорной извести или формалина, затем помещение закрывают на 2 дня и проветривают в течение одного-двух суток.

## **1.2 Субстрат, используемый для выращивания грибов**

На грибных фермах для производства субстрата используется специализированное оборудование, которое размещается неподалеку от климатических камер для защиты от внешних загрязнений. Процесс начинается с подготовки сырья, которое требует деления на фракции размером 5–6 см для щепы и соломы.

Это способствует лучшему впитыванию жидкости и оптимизирует технологические процессы.

Подготовленное сырье направляется в субстратную машину через пневмопровод, где оно проходит несколько стадий обработки:

1. Обработка паром: сырье подвергается тепловой обработке паром для дезинфекции и подготовки к следующим этапам.

2. Увлажнение: достигается равномерное увлажнение субстрата, что важно для развития грибного мицелия.

3. Охлаждение: после обработки субстрат охлаждается до необходимой температуры, создавая оптимальные условия для размещения грибного мицелия.

Основное оборудование субстратного цеха включает субстратные машины и формировщики субстратных блоков. Формировщики позволяют эффективно упаковывать субстрат в стерильные полиэтиленовые пакеты в поточном режиме. Важно, чтобы производительность формировщика позволяла разгружать подготовленный субстрат за 2,0–2,5 ч. Такой подход гарантирует высокое качество и однородность субстрата, а также повышает эффективность производственных процессов на грибных фермах.

Основное оборудование субстратного цеха включает субстратные машины и формировщики субстратных блоков. Формировщики позволяют эффективно упаковывать субстрат в стерильные полиэтиленовые пакеты в поточном режиме. Важно, чтобы производительность формировщика позволяла разгружать подготовленный субстрат за 2,0–2,5 ч.

Преимущества такого подхода:

1. Высокое качество субстрата. Равномерное увлажнение и тщательная обработка паром обеспечивают оптимальные условия для роста мицелия.

2. Однородность субстрата. Консистенция субстрата важна для равномерного роста грибов и предотвращения развития патогенных микроорганизмов.

3. Эффективность производственных процессов. Быстрая обработка и упаковка субстрата позволяют сократить время простоя и повысить общий объем производства.

4. Защита от внешних загрязнений. Размещение оборудования рядом с климатическими камерами минимизирует риск попадания загрязняющих веществ, что особенно важно для поддержания стерильных условий.

Такой подход гарантирует высокое качество и однородность субстрата, а также повышает эффективность производственных процессов на грибных фермах, обеспечивая стабильные и высокие урожаи грибов.

### **1.3 Анализ существующих технических средств, применяемых для формирования субстратных блоков**

Технические средства для изготовления субстратных блоков играют ключевую роль в промышленном культивировании грибов, учитывая высокие требования к их точности и эффективности. В современных условиях практически не производятся серийные машины для этой цели, поэтому часто применяются собственные разработки, ориентированные на оптимизацию процесса.

Наиболее распространены две основные технологические схемы изготовления субстратных блоков. Первая включает в себя сжатие субстрата в специальном корпусе с помощью гидроцилиндров с поршнем (рисунок 1.3). Субстрат дозируется, в него вносится необходимое количество посевного материала, после чего происходит загрузка в камеру сжатия [55]. Субстрат сжимается и укладывается в полиэтиленовый пакет через фильеру, а открытый конец пакета заклеивается скотчем.

Вторая технологическая схема основана на использовании шнекового наполнителя периодического действия (рисунок 1.4). Субстрат с мицелием перед наполнением приемного бункера дозируется с помощью транспортера или вручную. Затем субстратный блок укладывается в полиэтиленовый пакет и закрывается скобой в области работы клипсатора.

Обе схемы имеют определенные недостатки. Первая характеризуется сложной конструкцией из двух гидроцилиндров, невозможностью точного регулирования плотности и размера блока, а также низкой производительностью и надежностью. Вторая схема требует значительных трудовых затрат из-за использования

шнекового наполнителя, что приводит к созданию блоков с неравномерной плотностью.

В обоих случаях ключевыми моментами являются точность и эффективность процесса изготовления субстратных блоков, что критически важно для обеспечения высокого уровня урожайности на грибных фермах.



Рисунок 1.3 – Схема существующей технологии создания субстратного блока с помощью гидравлического формовщика блоков



Рисунок 1.4 – Схема существующей технологии создания субстратного блока с помощью винтового (шнекового) формовщика блоков

Для механизации процесса формирования субстратного блока применяется ряд технических средств и машин. Как уже указывалось, распространенным является применение гидравлических и шнековых формовщиков субстратных блоков.

Формовщик субстратных блоков ПМСБ-1Э (рисунок 1.5) предназначен для наполнения полиэтиленового рукава субстратом. При этом субстрат предварительно подготовлен и инокулирован мицелием, влажность субстрата 60–73 %.





Рисунок 1.5 – Гидравлический пресс субстратных блоков ПМСБ-1Э

Характеристики субстратного блока представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Характеристики субстратного блока

Параметр	Значение
Масса субстратного блока, кг	12–15
Размер фракции сырья, мм, не более	50
Плотность субстрата в блоке, г/дм <sup>3</sup>	400–500
Объем блока, л	30

В комплект входят щит управления, электродвигатель, встроенные весы, масляная станция.

Преимущества данного гидравлического пресса субстратных блоков:

- подходит для промышленного выращивания;
- основные элементы устройства выполнены из нержавеющей стали;
- высокая производительность – до 120 блоков в 1 ч (1800 кг/ч).

К его недостаткам можно отнести следующее:

- большие габаритные размеры: длина – 2400 мм, высота – 2730 мм, ширина – 2200 мм;
- сложность конструкции;

- высокая стоимость;
- материалоемкость.

Устройство не позволяет достичь равномерной плотности по сечению блока, так как сжатие субстрата происходит недостаточно равномерно для технологии выращивания грибов, образуя разную плотность у поверхности и в центре субстратного блока.

Также известен гидравлический брикетировщик соломы УЖИМ 576 (рисунок 1.6), который служит для автоматического формирования соломенных тюков. Его характеристики приведены в таблице 1.2.



Рисунок 1.6 – Гидравлический брикетировщик соломы УЖИМ 576

Таблица 1.2 – Характеристики гидравлического брикетировщика соломы УЖИМ 576

Параметр	Значение
Производительность, т/ч	2
Усилие прессования, кН	98
Ход прессующей пресс-плиты, мм	970
Ход выталкивающей пресс-плиты, мм	280
Объем пресс-камеры, м <sup>3</sup>	0,041
Размеры загрузочного окна, мм	900×270
Габаритные размеры кипы, мм	280×110×140
Время движения прессующей пресс-плиты, с	15
Время движения выталкивающей пресс-плиты, с	6

Теоретически данное устройство применимо для промышленного выращивания грибов, но так как устройство разработано для создания тюков из сухой соломы оно не сможет выдержать нагрузки при формировании субстратного блока. Также не позволяет обеспечить технологические требования к плотности и равномерности плотности по сечению блока. Может использовать только солому, как материал субстратного блока.

Стационарное автоматизированное устройство циклического действия горизонтального типа (рисунок 1.7) предназначено для эксплуатации на средних или крупных предприятиях, специализирующихся на ускоренном искусственном выращивании грибов. Непосредственная функция машины заключается в дозированном заполнении пакета субстратом с мицелием.



Рисунок 1.7 – Шнековый формовщик IE-JM-J-D

Характеристики субстратного блока:

- масса субстратного блока – 2,5–4,0 кг;
- размер фракции сырья – не более 30 мм;
- плотность субстрата в блоке – 400 г/дм<sup>3</sup>;
- объём блока – до 15 л.

Преимущества устройства:

- наполнение и упаковка пакетов субстрата;
- применим для промышленного производства;
- высокая производительность – до 600 блоков в 1 ч (1920 кг/ч).

Недостатки конструкции:

- сложное оборудование;
- требуется регулярная наладка оборудования;
- неоднородность субстратного блока.

Для наполнения пакетов субстратом могут применяться шнековые наполнители субстратных блоков.

Данная установка не обеспечивает формирования блоков с равномерной плотностью по сечению, что негативно сказывается на урожайности. Она рассчитана исключительно на использование материалов, таких как солома и лузга.

Полуавтоматическое устройство для упаковки субстратных пакетов SY-JZD1 (рисунок 1.8) предназначено для фасовки увлажненного и измельченного сырья в полиэтиленовые пакеты с целью дальнейшей обработки в автоклаве. После обработки пакеты инокулируют жидким мицелием.



Рисунок 1.8 – Шнековый упаковщик субстратных блоков (Китай, JZSY)

Характеристики субстратного блока:

- масса субстратного блока – 3–5 кг;
- размер фракции сырья – не более 30 мм;
- плотность субстрата в блоке – 400–450 г/дм<sup>3</sup>;
- объём блока – 12 л.

Преимущества устройства:

- простая конструкция;
- основные элементы устройства выполнены из нержавеющей стали;

- высокая производительность – до 600 блоков в 1 ч (2100 кг/ч);
- небольшие габаритные размеры: длина – 1260 мм, высота – 950 мм, ширина – 550 мм;
- низкая стоимость.

Недостатки конструкции:

- для достижения заявленной производительности требуется минимум 3 человека;
- неоднородность субстратного блока;
- энергоемкая технология.

Данная установка не позволяет формировать блоки с равномерной плотностью по сечению, что снижает урожайность. Предназначена для использования только соломы и лузги.

Также возможно применение автоматической машины упаковки грибных блоков (рисунок 1.9), что позволяет повысить эффективность производства и сократить затраты на ручной труд. Весь процесс упаковки грибного субстрата в пакеты может быть завершен машиной автоматически, включая загрузку субстрата, изготовление культивационных пакетов, прессование субстрата, запечатывание культивационных пакетов и транспортировку культивационных пакетов, производительность может достигать 800 пакетов в 1 ч.



Рисунок 1.9 – Шнековый упаковщик субстратных блоков (Китай, JZSY)

Запуск всего производственного процесса осуществляется нажатием одной кнопки. Весь производственный процесс, включая изготовление пакетов, упаков-

ку, завязывание, пробивку перфораций, запайка пакетов и транспортировка пакетов, может быть выполнен в один цикл, и для производства одного пакетов требуется всего 3 с.

Характеристики субстратного блока:

- масса субстратного блока – 2,5–3,0 кг;
- размер фракции сырья – не более 30 мм;
- плотность субстрата в блоке – 400–450 г/дм<sup>3</sup>;
- объём блока – 7,5 л.

Преимущества устройства:

- полный цикл;
- применим для промышленного производства;
- высокая производительность – до 800 блоков в 1 ч (2000 кг/ч).

Недостатки конструкции:

- сложное оборудование;
- требуется регулярная наладка оборудования;
- неоднородность субстратного блока;
- большие размеры оборудования.

Данная машина имеет значительные габариты, поэтому ее сложно использовать в ограниченном пространстве. Небольшие размеры субстратного блока увеличивают время на технологические операции. Неоднородная плотность негативно влияет на урожайность субстратного блока.

Проведенный анализ существующих конструкций машин, применяемых для механизации процесса формирования субстратных блоков, показал недостаточную эффективность и ряд недостатков при изготовлении субстратных блоков. Их применение в условиях промышленного производства требует повышенных трудозатрат, а также отсутствует способность регулировать плотность субстратных блоков. Также анализ позволяет сделать вывод, что существующие конструкции, применяемые для формирования субстратных блоков, не обеспечивают достижение технологических требований плотности субстратных блоков и равномерного распределения плотности субстрата по всему объему блока.

Многие конструкции не обеспечивают необходимых характеристик при формировании субстратных блоков.

Систематизация и анализ существующих машин и их рабочих органов, применяемых для формирования субстратных блоков, позволили составить классификацию по конструктивным, технологическим и эксплуатационным признакам.

#### 1.4 Классификация технических средств, применяемых для формирования субстратных блоков

Проведенный анализ существующих средств механизации, используемых для создания субстратного блока, позволяет сформулировать основные конструктивно-технические признаки и по ним составить классификацию технических средств (рисунок 1.10).

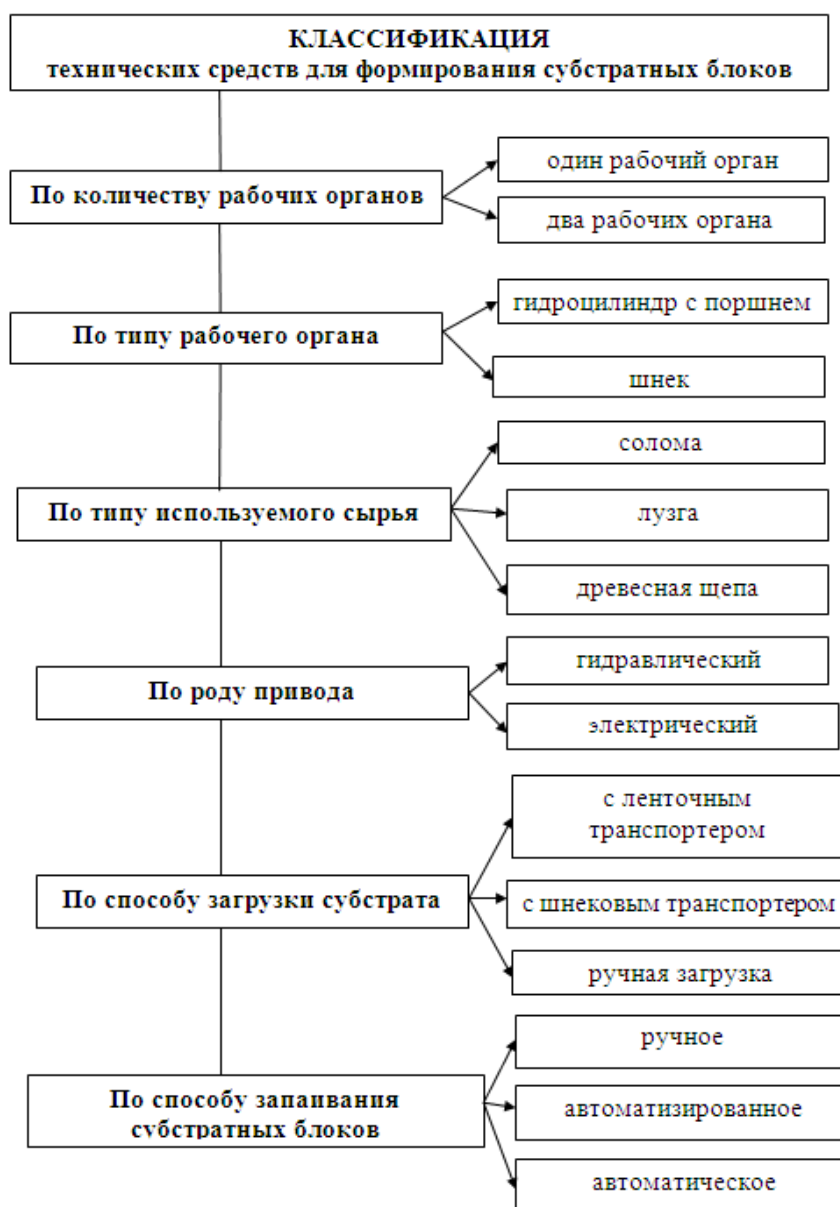


Рисунок 1.10 – Классификация технических средств, применяемых для формирования субстратных блоков



По конструкции различают гидравлические и шнековые механизированные средства для формирования субстратных блоков, применяемые промышленного культивирования грибов. Гидравлические более производительные и надежные.

По размеру изготавливаемых блоков машины разделяют на универсальные и специальные.

Также существуют иные признаки, по которым классифицируются технические средства для формирования субстратных блоков: количество рабочих органов – один или два; наличие подающего транспортера, который по типу может быть ленточным, скребковым, винтовым.

В качестве основных критериев классификации выступают конструкция и принцип работы рабочего органа, который выполняет основную функцию. Рабочий орган может быть шнековым, у которого процесс наполнения выполняет шнек, и гидравлическим – где субстрат прессуется в камере сжатия под воздействием гидроцилиндров с поршнем.

Анализ разработанной классификации позволяет сделать вывод, что устройства, применяемые для формирования субстратных блоков существенно, различаются. Ряд технических устройств не могут достигнуть необходимых требований для формирования субстратного блока по плотности и по равномерности распределения плотности по сечению. Ряд конструкций имеют сложное устройство или недостаточную производительность. Для разработки и исследований в качестве перспективной примем схему гидравлического формовщика, оснащенного одним рабочим органом. Рабочий орган должен иметь индивидуальную достаточную производительность и возможность изменения плотности сжатия для обеспечения необходимых требований к субстратным блокам.

### **1.5 Анализ существующих исследований формирования блоков с помощью прессов**

Качество получаемого блока зависит от многих факторов, основными из которых являются физические параметры [113] прессуемого материала:

- влажность;
- размер фракции сжимаемого материала;



- модуль деформации;
- усилие прессования.

В исследованиях [46] представлены результаты экспериментальных исследований процессов прессования опилок и измельчённой коры с использованием штемпельных и гидравлических прессов. В ходе работы проанализированы влияние давления при прессовании на плотность получаемых брикетов.

На рисунке 1.11 показана зависимость плотности брикетов от приложенного удельного давления при прессовании. Брикеты были изготовлены в лабораторных условиях из опилок и измельчённой коры при комнатной температуре с использованием штемпельного пресса модели УИМ-50М.

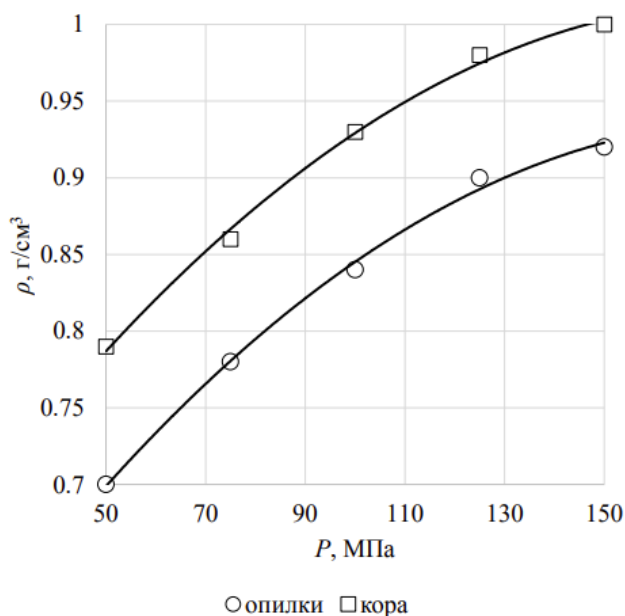


Рисунок 1.11 – Влияние давления прессования на плотность брикетов

Одним из ключевых параметров, характеризующих поведение опилок или измельчённой коры в процессе уплотнения, является модуль деформации. Этот параметр отражает способность материала сопротивляться изменениям формы и объёма под действием внешних сил. При прессовании опилки и кора подвергаются значительному сжатию, что приводит к изменению их физико-механических свойств. В частности, наблюдается изменение модуля деформации, который может существенно варьироваться в зависимости от применяемого давления, влажности, температуры и других факторов.

Изменение значения модуля деформации при прессовании связано с изменениями структуры материала, плотности и изменения уровня взаимодействия между частицами материала. В процессе уплотнения опилки или кора испытывают сдвиговые и объёмные деформации, что ведёт к изменению их первоначальных характеристик, таких как пористость и способность удерживать форму после снятия нагрузки.

В работе [29] представлено аналитическое решение данной задачи, учитывающее изменение параметров материала в зависимости от давления. В исследовании [34] предложен эмпирический подход к оценке связи между удельным давлением и модулем деформации, основанный на результатах экспериментальных данных. Эти работы дают обоснованные методики расчёта и позволяют предсказать изменение модуля деформации в зависимости от условий прессования, что крайне важно для оптимизации процесса получения брикетов из опилок и коры.

В работе [114] авторами для оценки модуля деформации использованы данные, представленные на рисунке 1.12.

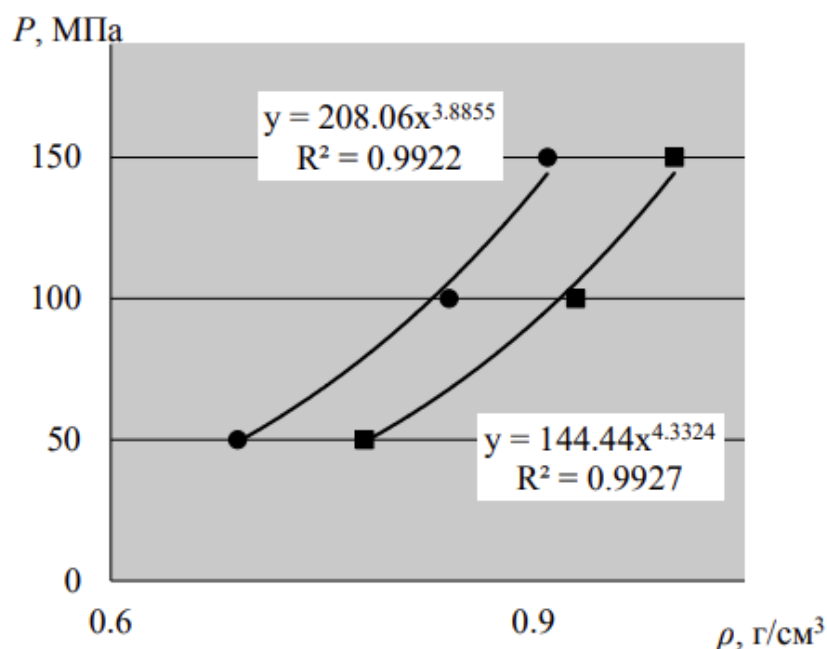


Рисунок 1.12 – Зависимость давления прессования от требуемой плотности брикетов (штемпельный пресс): круглые маркеры – опилки; квадратные маркеры – кора

Графики на рисунке 1.11 показывают, что в общем виде зависимости давления прессования  $P$  от плотности брикетов  $\rho$  можно описать степенными функциями:

$$P = A\rho^B, \quad (1.1)$$

где  $A, B$  – числовые коэффициенты.

Модуль деформации  $E$  при уплотнении представляет собой отношение:

$$E = \frac{dP}{d\varepsilon}, \quad (1.2)$$

где  $\varepsilon$  – относительная деформация сжатия.

Результат зависимости модуля деформации представлен на рисунке 1.13.

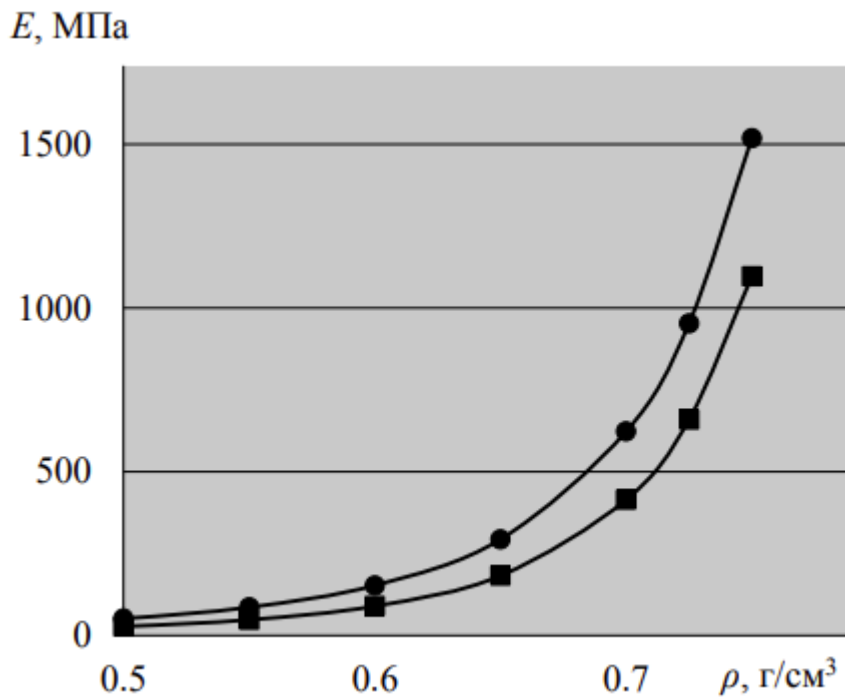


Рисунок 1.13 – Зависимость модуля деформации от относительной деформации брикетов (штемпельный пресс)

Исследования показывают, нелинейность при процессе формирования блоков (брикетов) в зависимости от приложенного давления и материала. Следует провести изучение приложенного усилия на получаемую плотность субстратных блоков с помощью гидравлического пресса, применяя компоненты, требуемые технологией выращивания грибов, а именно – солома злаковых, лузга подсолнечника и древесная щепа.

## 1.6 Оптимальные размеры субстратных блоков

Чем больше диаметр или толщина блока, тем больше разница температур в центре блока и его наружной части. Особенно большой градиент наблюдается во время пикового разогрева на фазе инкубации (таблица 1.3). Чем больше диаметр блока, тем больше градиент температур субстрата и воздуха во время пикового разогрева и тем больше вероятность образования избыточного количества конденсата под пленкой при активном обдуве блоков холодным воздухом [88]. Избыток конденсата провоцирует развитие бактериозов и нарушает процесс плодотворения.

Таблица 1.3 – Градиент температур в блоке в зависимости от его диаметра в период инкубации

Диаметр блока, см	Температура, °С		Градиент температур, °С
	воздуха	субстрата	
10	22	25...26	3...4
15	22	26...30	4...8
20	22	28...32	6...10
25	22	32...37	10...15

Уменьшение диаметра или толщины блока (соответственно снижается и масса блока) помогают снизить градиент температур и в ряде случаев повышают удельную урожайность. Мы приведем данные, полученные на ферме по выращиванию вешенки на ксеротермически обработанном соломистом субстрате с добавлением сена бобовых культур. Ксеротермически обработанный субстрат содержит много легкодоступного питания и сильно греется во время инкубации, особенно на лузге подсолнечника с примесью остатков зерен и масел. Для такого типа субстратов рекомендуется делать блоки меньшего диаметра (16–18 см). В Европе со временем перешли от толстых массивных брикетов (толщина 22–25 см, масса 22–25 кг) к более «тонким» брикетам с меньшей массой, но большей удельной урожайностью. Тонкие брикеты выдают потенциальный урожай за более короткое время (2 месяца), толстые брикеты рассчитаны на длительный цикл плодоношения (3–4 месяца). В больших толстых блоках освоение субстрата мицелием вешенки замедляется из-за ограниченного газообмена. Чем меньше толщина

блока, тем лучше газообмен и тем более оптимальные условия создаются для колонизации субстрата мицелием.

Некоторое уменьшение размеров больших блоков (оптимизация) дает положительный эффект. Урожайность вешенки на нестерильном тоннельном субстрате на маленьких блоках (2 кг) практически не отличалась от урожайности на том же субстрате на больших стандартных блоках (13 кг).

Таким образом, для нестерильного субстрата фасовка его в маленькие блоки не дает ощутимой прибавки урожая, однако в случае приготовления более обогащенного питанием субстрата маленькие блоки могут иметь преимущество по сравнению с большими блоками.

Под качеством субстратного блока понимается равномерное распределение плотности субстрата по всему объему блока, а также соответствие плотности блока технологическим требованиям.

Равномерная плотность субстрата обеспечивает равные условия для проникновения воздуха, влаги и питательных веществ, что способствует полноценному и равномерному росту мицелия во всех частях субстратного блока. Отклонения в плотности снижают качество субстрата, создавая зоны с пониженной воздухопроницаемостью или недостатком влаги, что может привести к замедлению роста грибов и уменьшению урожайности.

Таким образом, достижение высокого качества субстратного блока — это не только соблюдение технологических требований плотности, но и обеспечение стабильности этих показателей по всему блоку. Это позволяет минимизировать риски, связанные с различиями в питательных и микроклиматических условиях внутри блока, обеспечивая тем самым благоприятные условия для роста грибов и увеличения продуктивности субстратного блока.

### **1.7 Цели и задачи исследования**

Цель работы – повышение качества и производительности формирования субстратных блоков для выращивания грибов за счет обоснования конструктивно-режимных параметров гидравлического поршневого пресса.

#### Задачи исследований:

- на основе анализа существующих исследований технических средств, используемых для формирования субстратных блоков, определить возможность повышения их эффективности и разработать новую конструкционную схему гидравлического поршневого пресса;
- провести анализ основных физико-механических характеристик исходных материалов субстрата, используемого для искусственного культивирования грибов;
- исследовать теоретически процесс изготовления субстратного блока и разработать аналитические модели для определения усилий взаимодействия рабочих органов, производительности и энергоемкости предлагаемого пресса;
- провести экспериментальные исследования для выявления влияния конструкционных параметров и режимов движения поршня на качество формирования субстратных блоков и усилия взаимодействия поршня с субстратом;
- провести испытания предлагаемой конструкции пресса для формирования субстратных блоков и определить его эффективность в условиях производства, выработать рекомендации по внедрению полученных результатов на предприятиях отрасли.

## 2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ БЛОКА СУБСТРАТА ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ГРИБОВ ПОРШНЕВЫМ ПРЕССОМ

Технологический процесс подготовки субстрата и его формирования для выращивания грибов с помощью пресса включает ряд операций, рассмотренных в первой главе. Важнейшим процессом является непосредственно формирование блока субстрата, упакованного в полиэтиленовый пакет. Важность данного процесса заключается в создании соответствующей плотности внутри блока. При меньшей или большей плотности процесс выращивания грибов нарушается и урожайность снижается.

### 2.1 Общая технологическая схема формирования блока грибного субстрата поршневым прессом

Технологический процесс формирования субстратного блока (рисунок 2.1) начинается с подготовки субстрата. Субстрат должен иметь определенную влажность, плотность, состав. Далее производится загрузка субстрата в загрузочное устройство, откуда он попадает в канал корпуса пресса.



Рисунок 2.1 – Общая технологическая схема формирования блока грибного субстрата

При запуске рабочего процесса происходит движение поршня, при котором он взаимодействует с загруженной массой субстрата и перемещает ее по каналу пресса. В процессе перемещения происходит одновременное сжатие субстрата. Далее, при движении поршня с субстратом, формирующийся блок попадает в пакет. Готовый блок субстрата выгружается на площадку для контроля качества.

Контроль качества предусматривает проверку размеров блока, его плотности и однородности. Наиболее ответственным процессом является процесс формирования блока.

## 2.2 Силовой анализ процесса взаимодействия материала и поршня пресса

Формирование блока субстрата происходит под воздействием комплекса сил, возникающих в процессе прессования. Движущей силой является сила давления поршня пресса  $F$  на субстрат (рисунок 2.2), остальные силы образуют сопротивление движению. За счет взаимодействия этого комплекса сил и происходит сжатие субстрата и формирование блока.

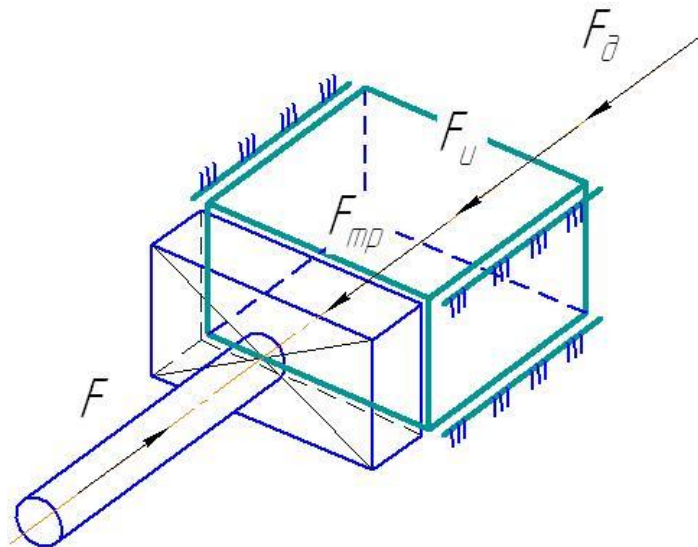


Рисунок 2.2 – Общая силовая модель взаимодействия материала и поршня

Анализ процесса взаимодействия поршня с материалом показывает, что в общем случае при осевом перемещении в условиях отсутствия возможности бокового расширения на материал будут действовать следующие силы:

- сила трения при движении в осевом направлении  $F_{тр}$  ;
- сила инерции при разгоне материала до скорости движения поршня  $F_{и}$ ;
- сила деформации материала  $F_{д}$ .

Силы носят распределенный характер по поверхности поршня, однако, принимая материал однородным, а поршень симметричным и жестко закрепленным на штоке, считаем их сосредоточенными вдоль оси движения канала пресса.



### 2.3 Силовой анализ процесса формирования блока в прямом канале существующих прессов

В существующих прессах блок субстрата формируется в прямоугольном канале (рисунок 2.3). Процесс взаимодействия разделяется на два характерных положения. В первом положении происходит контакт и взаимодействие поршня с поступившей массой субстрата, далее происходит разгон массы до скорости движения поршня и движение по прямоугольному каналу (рисунок 2.4).

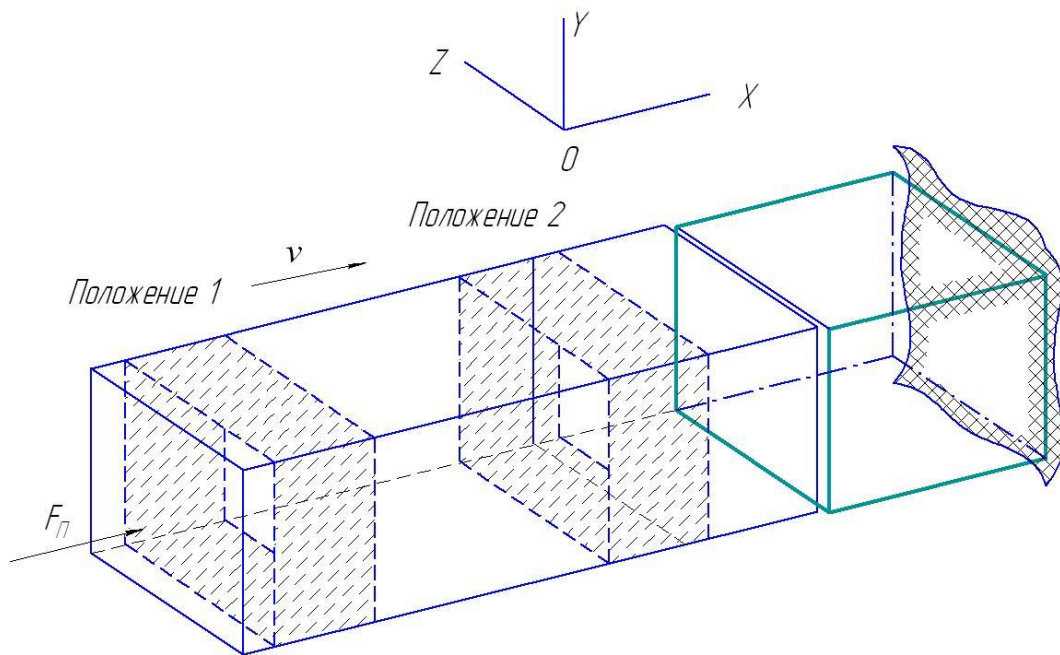


Рисунок 2.3 – Схема прямоугольного канала существующих прессов

Проведем силовой анализ работы пресса. Субстрат, на который воздействует поршень силой  $F_{п}$ , оказывается в объеме, ограниченном стенками корпуса. После разгона он движется по каналу к фильере со скоростью  $v$ , но пока находится на некотором расстоянии от нее (рисунок 2.4).

На элементарный объем действуют:

- сила тяжести  $F_g$ , направленная вертикально вниз;
- сила трения  $F_{тр}$ , направленная в сторону, противоположную движению поршня и субстрата;
- сила инерции  $F_{и}$ , также направленная в сторону, противоположную движению;
- сила предварительного сжатия  $F_{сж}$ , также создающая сопротивление дви-

жению поршня, и поэтому направленная в сторону, противоположную движению поршня и субстрата.

При этом силы трения на двух боковых стенках канала, а также на верхней и на нижней стенках будут иметь разное значение, поскольку разное значение имеет нормальное давление.

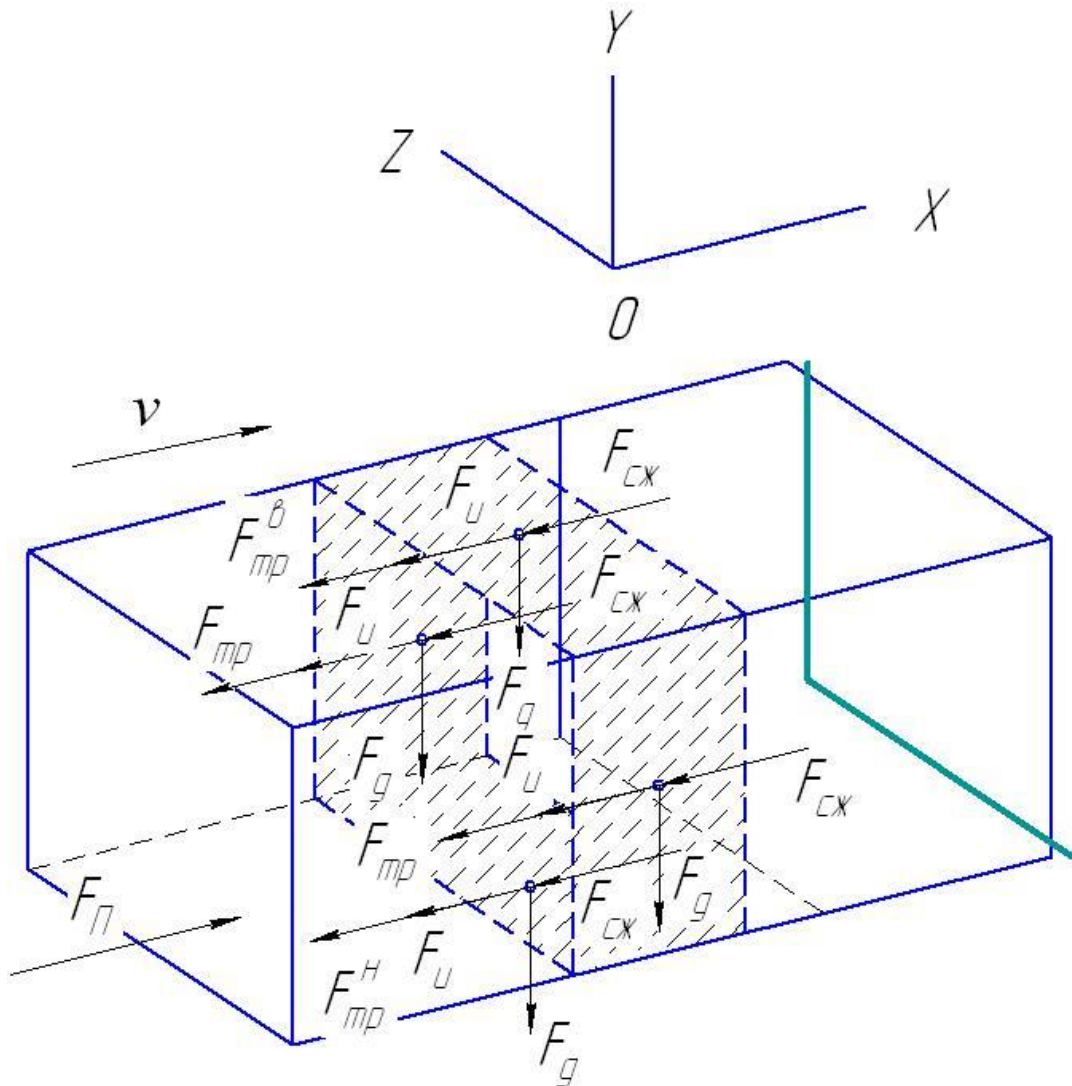


Рисунок 2.4 – Схема сил при движении субстрата в первом положении

Составим уравнения сил по осям, используя принцип Даламбера. Для этого выделим элементарный объем на каждой стенке канала прессы.

На боковых стенках сумма проекций сил на ось  $OX$ :

$$\Sigma F_x^6 = F_{\pi} - F_{\tau} - F_{\mu} - F_{сж} = 0. \quad (2.1)$$

Определим составляющие сил в уравнении (2.1).

Сила трения на боковых стенках:

$$F_{\text{тр}} = fpA_{\text{б}}, \quad (2.2)$$

где  $f$  – коэффициент трения субстрата о поверхность корпуса;

$p$  – нормальное давление на поверхность боковой стенки, связанное с «распира-нием» субстрата в канале при давлении поршня прессы, Па;

$A_{\text{б}}$  – площадь контакта субстрата с боковой стенкой, м<sup>2</sup>.

Сила инерции, возникающая при разгоне субстрата до скорости движения поршня  $v$ , определяется скоростью поршня  $v$  и временем разгона  $t$  массы субстрата  $m$ , поскольку начальная скорость равна нулю:

$$F_{\text{и}} = \frac{v}{t} m. \quad (2.3)$$

Сила предварительного сжатия  $F_{\text{сж}}$  связана с тем, что сила давления поршня с одной стороны и сила трения с другой стороны приводят к уплотнению субстрата, т. е. уменьшению объема при той же массе. При этом происходит деформация сжатия частиц, на что требуется усилие поршня. Данная деформация определяется прочностными и упругими свойствами частиц субстрата. Очевидно, что предельное сжатие не может быть больше силы трения, поскольку уплотнение ограничено скольжением субстрата по стенкам канала. Соотношение между силой трения субстрата о поверхность канала и силой сжатия субстрата учтем коэффициентом сжатия  $k_{\text{сж}}$ :

$$F_{\text{сж}} = k_{\text{сж}} fpA_{\text{б}}. \quad (2.4)$$

Тогда сумма проекций сил на ось  $OX$  на боковых стенках примет вид:

$$\Sigma F_x^{\text{б}} = F_{\text{и}} - fpA_{\text{б}} - \frac{v}{t} m - k_{\text{сж}} fpA_{\text{б}} = 0. \quad (2.5)$$

На верхней и нижней стенках сила тяжести изменяет нормальное давление на поверхность: на нижней стенке увеличивает, на верхней уменьшает.

Сумма проекций сил на нижней стенке:

$$\Sigma F_x^H = F_{\Pi} - F_{\text{тр}}^H - F_{\text{и}} - F_{\text{сж}}^H = 0, \quad (2.6)$$

где  $F_{\text{тр}}^H$  – сила трения на нижней стенке.

На нижней стенке сила трения будет обусловлена действием силы трения, аналогичной силе трения о боковые стенки. Однако сила тяжести субстрата увеличивает силу нормального давления на поверхность, и сила трения возрастает:

$$F_{\text{тр}}^H = F_{\text{тр}} + fmg = fpA_{\text{н}} + fmg = f(pA_{\text{н}} + mg). \quad (2.7)$$

Сила инерции  $F_{\text{и}}$  определяется выражением (2.3).

Силу предварительного сжатия субстрата на нижней стенке  $F_{\text{сж}}^H$  определим аналогично силе на боковых стенках – через коэффициент пропорциональности  $k_{\text{сж}}$ ;  $A_{\text{н}}$  – площадь контакта с нижней стенкой, м<sup>2</sup>:

$$F_{\text{сж}}^H = k_{\text{сж}} f(pA_{\text{н}} + mg). \quad (2.8)$$

Тогда сумма проекций сил на ось  $Ox$  на нижней стенке примет вид:

$$\Sigma F_x^H = F_{\Pi} - f(pA_{\text{н}} + mg) - \frac{v}{t}m - k_{\text{сж}} f(pA_{\text{н}} + mg) = 0. \quad (2.9)$$

Сумма проекций сил на верхней стенке:

$$\Sigma F_x^B = F_{\Pi} - F_{\text{тр}}^B - F_{\text{и}} - F_{\text{сж}}^B = 0, \quad (2.10)$$

где  $F_{\text{тр}}^B$  – сила трения на верхней стенке:

$$F_{\text{тр}}^B = F_{\text{тр}} - fmg = fpA_{\text{в}} - fmg = f(pA_{\text{в}} - mg), \quad (2.11)$$

где  $A_{\text{в}}$  – площадь контакта субстрата с верхней стенкой, м<sup>2</sup>.

Сила инерции  $F_{\text{и}}$  также определяется выражением (2.3).

Сила сжатия субстрата на верхней стенке:

$$F_{\text{сж}}^B = k_{\text{сж}} f(pA_{\text{в}} - mg). \quad (2.12)$$

Тогда сумма проекций сил на ось  $OX$  на верхней стенке примет вид:

$$\Sigma F_x^B = F_{\Pi} - f(pA_B - mg) - \frac{v}{t}m - k_{сж}f(pA_B - mg) = 0. \quad (2.13)$$

Таким образом, на верхней стенке сила нормального давления меньше, чем на нижней стенке, поскольку действует сила тяжести, уменьшающая давление на нее. Проведенный силовой анализ показывает, что в этом положении возникает неравномерное уплотнение субстрата. Вблизи нижней стенки плотность будет выше, чем у верхней.

Во втором положении (рисунок 2.5) субстрат движется по каналу к фильере, к которой присоединен упаковочный пакет. Затем пакет наполняется, и его задняя стенка препятствует движению субстрата. Субстрат уплотняется. Также очевидно, что величина уплотнения формирующегося блока субстрата ограничивается прочностью пакета.

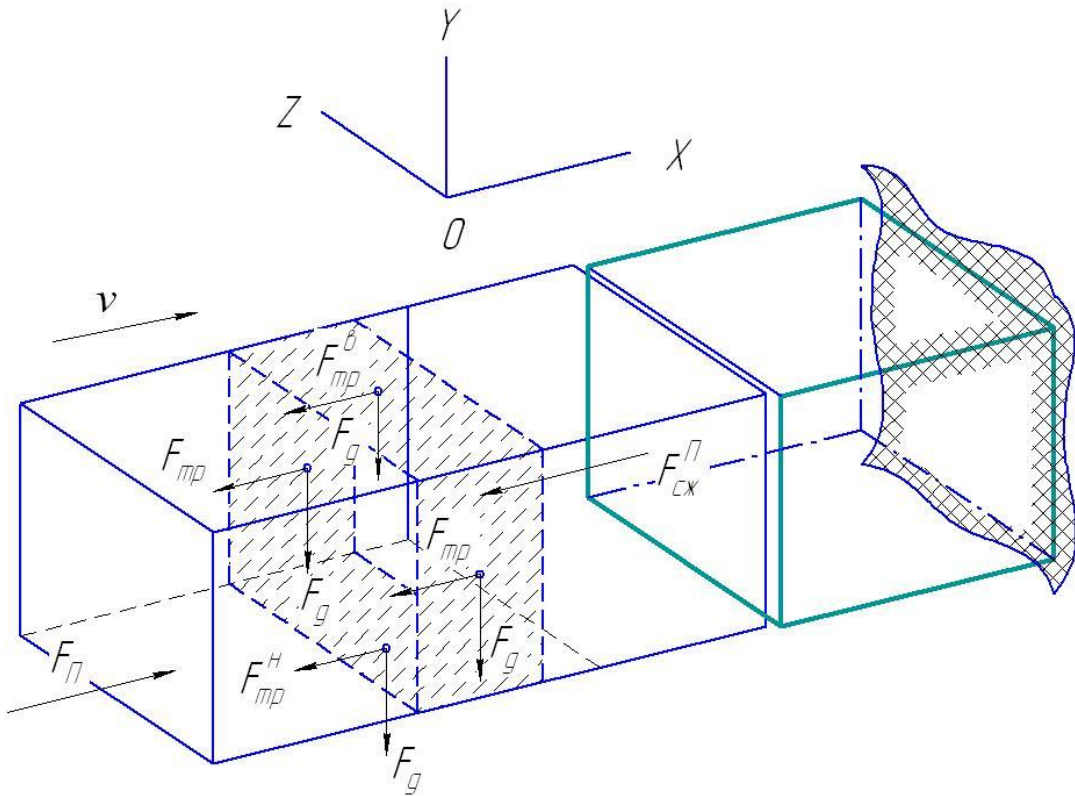


Рисунок 2.5 – Схема сил при формировании блока в прямоугольном канале во втором положении

Пакет выполняет функцию задней опоры. Тогда к ранее представленным силам добавляется сила подпора от пакета. При этом, поскольку формирующийся

блок субстрата движется с постоянной скоростью, сила инерции исключается. Также поскольку при предыдущем движении блок от сил трения уплотнился, то в этом положении сила уплотнения от трения также исключается.

Таким образом, уравнения проекций сил на ось  $OX$  будут иметь вид:

- боковые стенки:

$$\Sigma F_x^6 = F_{\Pi} - F_{\text{тр}} - F_{\text{сж}}^{\Pi} = F_{\Pi} - fpA_6 - F_{\text{сж}}^{\Pi} = 0; \quad (2.14)$$

- нижняя стенка:

$$\Sigma F_x^{\text{H}} = F_{\Pi} - F_{\text{тр}}^{\text{H}} - F_{\text{сж}}^{\Pi} = F_{\Pi} - f(pA_{\text{H}} + mg) - F_{\text{сж}}^{\Pi} = 0; \quad (2.15)$$

- верхняя стенка:

$$\Sigma F_x^{\text{B}} = F_{\Pi} - F_{\text{тр}}^{\text{B}} - F_{\text{сж}}^{\Pi} = F_{\Pi} - f(pA_{\text{B}} - mg) - F_{\text{сж}}^{\Pi} = 0. \quad (2.16)$$

По результатам силового анализа формирования блоков субстрата в прямоугольном канале сделаны следующие выводы:

- неравномерная плотность блока связана с различиями силовых факторов у верхней и нижней стенок канала прессы в первом положении;
- выравнивание неравномерности во втором положении ограничено прочностью пакета для упаковки блока;
- плотность блока в целом может быть не достаточной для эффективного выращивания грибов, поскольку также ограничена прочностью пакета, выполняющего при формировании блока роль задней опорной стенки;
- для формирования блока необходимо разработать конструктивно-технологическую схему, обеспечивающую требуемую плотность и ее равномерность.

## **2.4 Предлагаемая конструктивно-технологическая схема прессы для формирования блоков субстрата для выращивания грибов**

На основании проведенного в предыдущем пункте силового анализа предложена новая конструктивно-технологическая схема машины (прессы) для формирования блоков тепличного субстрата. Пресс для наполнения пакетов грибным субстратом, содержит корпус, раму, камеру загрузки, гидроцилиндр с поршнем, масляную стан-

цию, камеру прессования, фильеру, стол для наполненного субстратом пакета. Отличие от существующих конструкций состоит в том, что камера сжатия имеет переменное сечение, сужающееся к фильере, а поршень выполнен в виде двух подвижных соприкасающихся рабочих пластин с возможностью перемещения относительно друг друга, шарнирно закрепленных на основании при помощи рычагов. При этом длина рычагов внешней пластины больше величины внутренней на толщину последней.

Пресс для наполнения пакетов субстратом для выращивания грибов (рисунок 2.6) содержит корпус 1, раму 2, камеру загрузки 3, гидроцилиндр с поршнем 4, камеру прессования 5, фильеру 6, масляную станцию 7, полиэтиленовый пакет 8, стол для наполненного субстратом пакета 9. Корпус 1 установлен на раму 2. К корпусу прессы закреплен гидроцилиндр с поршнем 4, для работы гидроцилиндра с поршнем используется масляная станция 7. С узкой стороны расположена фильера 6. Между корпусом 1 и фильерой 6 расположена камера прессования 5. Для получения равномерного наполнения пакета субстратом 8 камера прессования 5 выполнена переменного сечения сужением в сторону фильеры. Для удобства наполнения пакет с субстратом 8, при наполнении, опирается на стол 9.

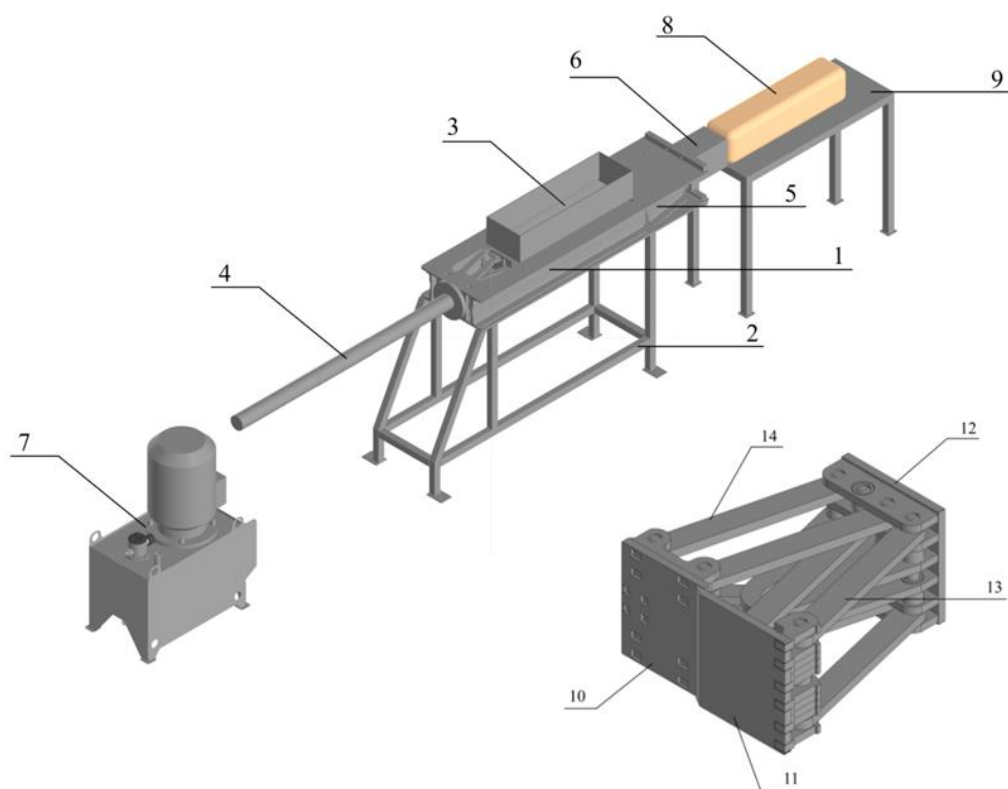


Рисунок 2.6 – Пресс для наполнения пакетов грибным субстратом (патент на полезную модель № 219973)

Для прессования субстрата поршень выполнен в виде двух подвижных соприкасающихся рабочих пластин 10, 11 с возможностью перемещения относительно друг друга, шарнирно закрепленных на основании 12 при помощи рычагов 13, 14. При этом длина рычагов 13 внешней пластины больше величины рычагов 14 внутренней на толщину последней [66].

Работает пресс для наполнения пакетов грибным субстратом следующим образом. Исходное положение: шток гидроцилиндра с поршнем 4 втянут, поршень находится в открытой камере загрузки 3. Субстрат поступает в камеру загрузки 3, а из нее в корпус 1. На фильтре 6 надевается полиэтиленовый пакет 8. При включении устройства поршень начинает двигаться в сторону фильеры 6, смещая субстрат к камере прессования 5. Далее субстрат и поршень попадают в камеру прессования 5, имеющую уменьшающееся сечение в сторону фильеры 6. Субстрат, выталкиваемый поршнем при прохождении через сужение, сжимается и через фильеру наполняется в полиэтиленовый пакет 8. При движении поршня по камере прессования внешняя и внутренняя рабочие пластины 10, 11 смещаются относительно друг друга благодаря шарнирному креплению на основании 12 при помощи рычагов 13, 14 внешней и внутренней пластин, за счет смещения пластин обеспечивается движение поршня по сужающейся камере прессования, обеспечивается во время работы изменение ширины поршня.

Благодаря такой конструкции достигаются следующие преимущества данного устройства: равномерность наполнения грибным субстратом полиэтиленового пакета, однородная плотность субстратного блока и повышение производительности за счет одного рабочего органа – гидроцилиндра с поршнем.

## **2.5 Силовой анализ процесса формирования блока в предлагаемом прессе**

Формирование блока происходит за счет движения поршня в корпусе пресса. Анализ процесса в предлагаемом прессе позволяет выделить три положения, отличающихся силами, действующими на субстрат (рисунок 2.7). В первом положении происходят разгон и предварительное обжатие поступившей массы субстрата.



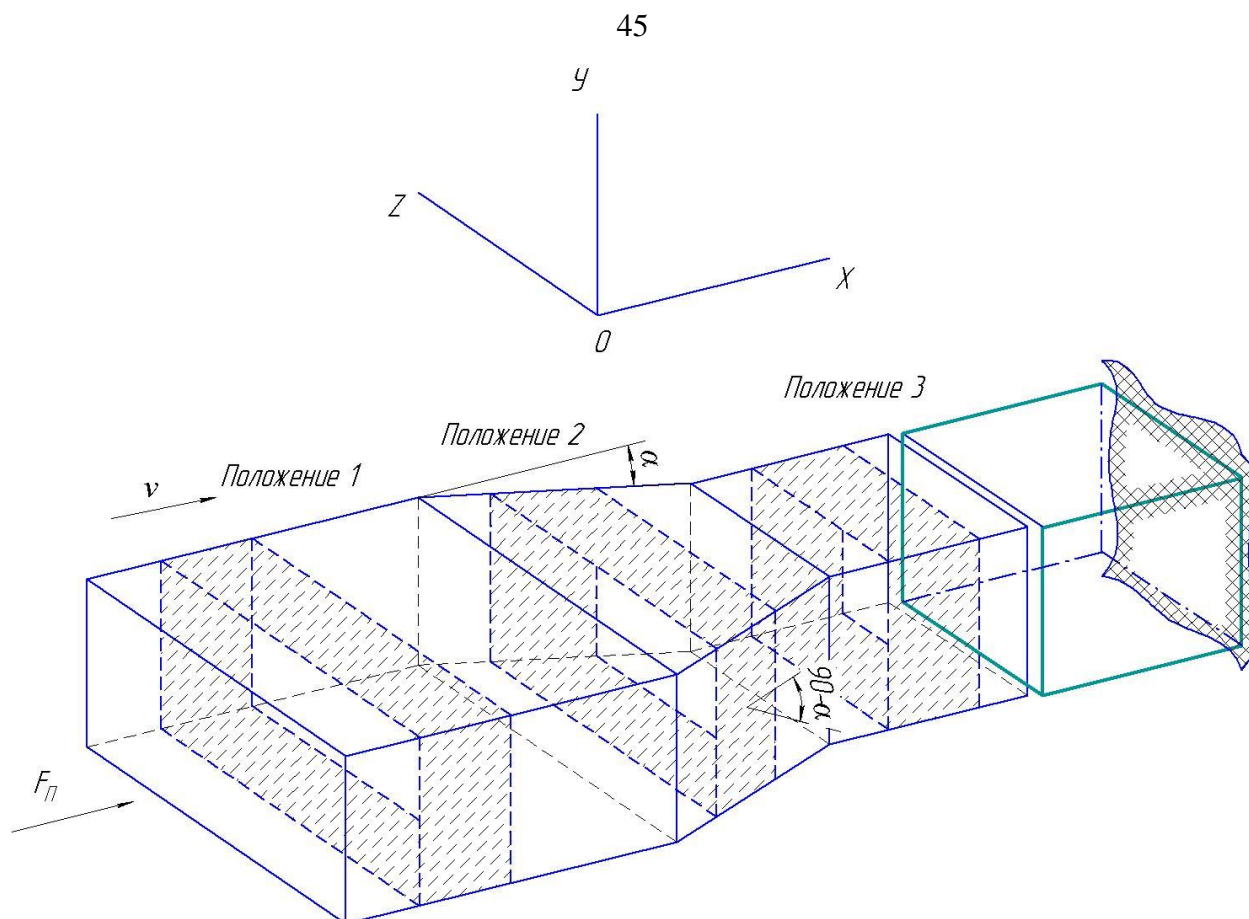


Рисунок 2.7 – Схема канала в предлагаемом прессе

Далее во втором положении за счет уменьшения поперечного сечения канала в корпусе пресса происходит основное сжатие субстрата до требуемой плотности формирующегося блока. В третьем положении сформированный блок подается в упаковочный пакет. В отличие от существующей конструкции пакет не выполняет функцию задней опоры, а служит только для упаковки.

Рассмотрим положения по отдельности и выполним силовой анализ.

В первом положении (рисунок 2.8) порция субстрата поступает в корпус и при движении поршня разгоняется и сжимается на участке прямоугольной формы с прямыми стенками.

На элементарный объем в этом положении действуют:

- сила тяжести  $F_g$ , направленная вертикально вниз;
- сила трения  $F_{тр}$ , направленная в сторону, противоположную движению поршня и субстрата;
- сила инерции  $F_{и}$ , также направленная в сторону, противоположную движению поршня и субстрата;

• сила предварительного сжатия  $F_{сж}$ , также создающая сопротивление движению поршня и поэтому направленная в сторону, противоположную движению поршня и субстрата.

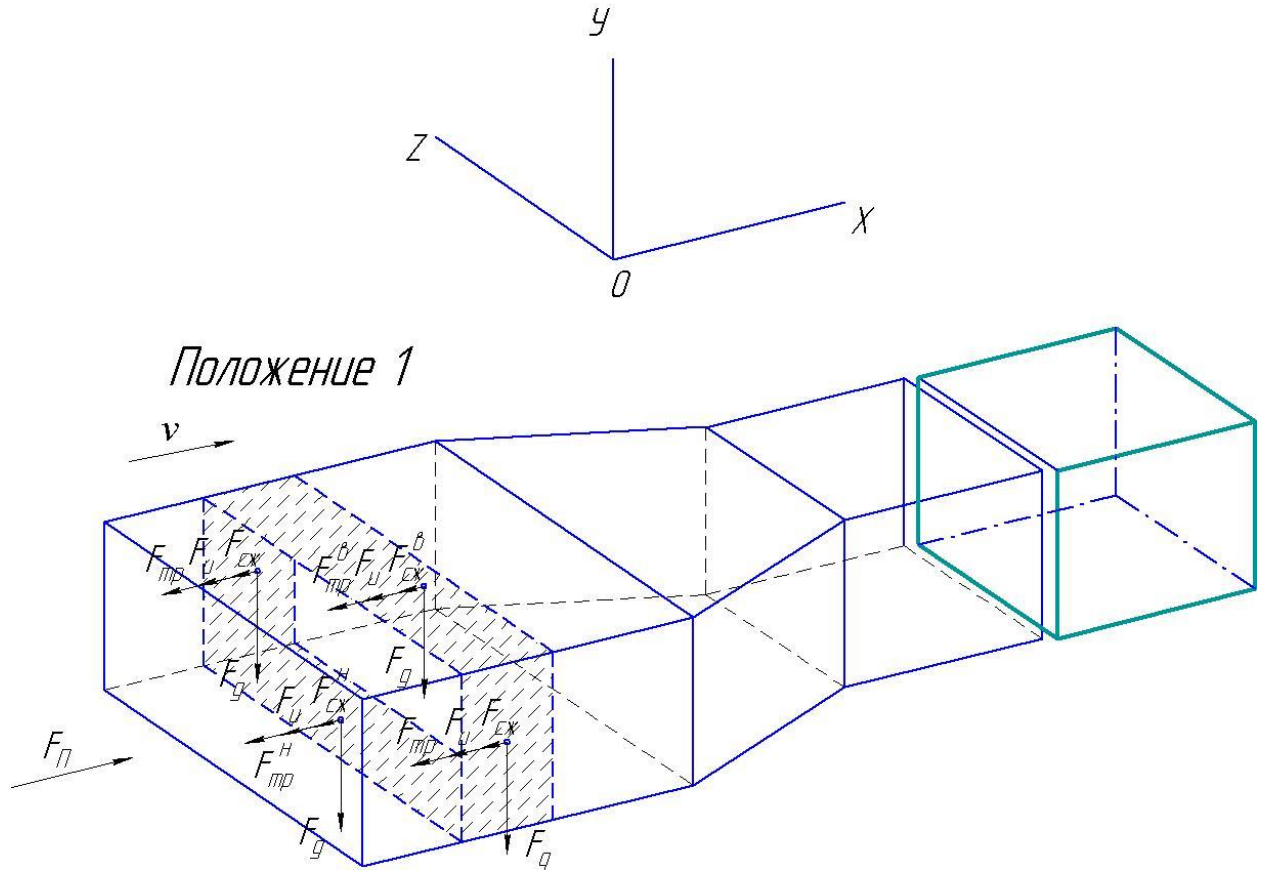


Рисунок 2.8 – Схема сил, действующих на субстрат в первом положении

Аналогично предыдущей схеме можно выделить боковые, нижнюю и верхнюю стенки. Поскольку процесс взаимодействия в первом положении предлагаемого пресса практически совпадает с процессом взаимодействия в первом положении ранее рассмотренного прямоугольного канала, то уравнения сил имеют аналогичный вид.

Сумма проекций сил на боковой стенке (выражение (2.5)):

$$\Sigma F_x^6 = F_{\Pi} - fpA_6 - \frac{v}{t}m - k_{сж}fpA_6 = 0.$$

Сумма проекций сил на нижней стенке (выражение (2.9)):

$$\Sigma F_x^H = F_{\Pi} - f(pA_H + mg) - \frac{v}{t}m - k_{сж}f(pA_H + mg) = 0.$$

Сумма проекций сил на верхней стенке (выражение (2.13)):

$$\Sigma F_x^B = F_{\Pi} - f(pA_B - mg) - \frac{v}{t}m - k_{\text{сж}}f(pA_B - mg) = 0.$$

Таким образом, в первом положении проекция суммы сил сопротивления движению поршня на ось  $X$  будет иметь вид:

$$F_{\text{пл}} = 2F_{\text{тр}}^1 + F_{\text{и}} + 2F_{\text{сж}}^1 + F_{\text{тр}}^H + F_{\text{тр}}^B + F_{\text{сж}}^H + F_{\text{сж}}^B, \quad (2.17)$$

где  $F_{\text{тр}}^1$  – сила трения по боковой стенке корпуса пресса в первом положении;

$F_{\text{сж}}^1$  – сила сжатия субстрата на боковых стенках в первом положении;

$F_{\text{тр}}^H$  – сила трения на нижней стенке корпуса;

$F_{\text{тр}}^B$  – сила трения на верхней стенке корпуса;

$F_{\text{сж}}^H$  – сила сжатия субстрата на нижней стенке;

$F_{\text{сж}}^B$  – сила сжатия субстрата на верхней стенке.

Применительно ко всей массе субстрата  $M$ , находящейся в корпусе при формировании блока в первом положении, выражение (2.17) будет иметь вид:

$$F_{\Pi}^1 = 2(fpA_6 + k_{\text{сж}}fpA_6) + \frac{v}{t}M + f(pA_H + Mg) + k_{\text{сж}}f(pA_H + Mg) + f(pA_B - Mg) + k_{\text{сж}}f(pA_B - Mg), \quad (2.18)$$

где  $p$  – нормальное давления субстрата на стенки корпуса при движении в положении 1;

$A_6, A_H, A_B$  – площадь соответственно боковой, нижней и верхней проекции блока на стенки корпуса пресса;

$f$  – коэффициент трения субстрата о поверхность стенок корпуса.

Сила инерции будет определяться скоростью  $v$  и временем разгона  $t$ , т. к. начальная скорость равна нулю.

Рассмотрим действие сил во втором положении (рисунок 2.9). Во этом случае субстрат движется с постоянной скоростью, равной скорости движения поршня, поэтому сила инерции отсутствует. Боковые стенки канала корпуса пресса выполнены с сужением. Сечение сужается по ходу поршня, т. е. в сторону движения массы.

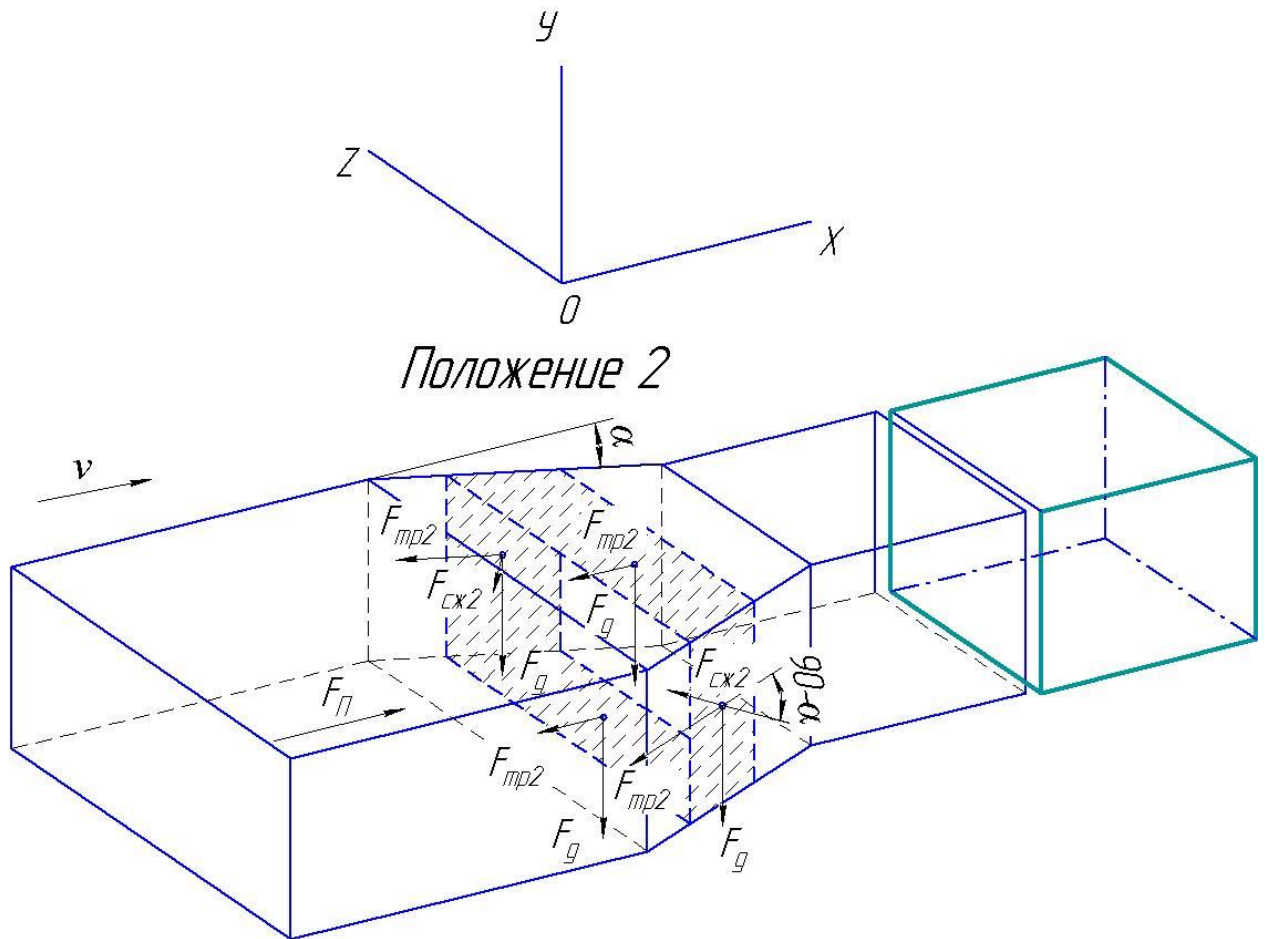


Рисунок 2.9 – Схема сил, действующих на субстрат во втором положении

Благодаря этому субстрат сжимается, его плотность выравнивается, и давление на боковые стенки, нижнюю и верхнюю стенки также выравнивается, несмотря на действие силы тяжести. Поэтому давление  $p$  примем одинаковым на всех четырех стенках корпуса.

Сумма проекций сил на ось  $Ox$  с учетом принятых в предыдущем пункте условий:

- на верхней и нижней стенках:

$$\Sigma F_x^B = F_{\pi} - F_{\text{тр}2} = 0; \quad (2.19)$$

$$\Sigma F_x^H = F_{\pi} - F_{\text{тр}2} = 0; \quad (2.20)$$

- на боковых стенках:

$$\Sigma F_x^6 = F_{\pi} - F_{\text{тр}2} \cos \alpha - F_{\text{сж}2} \sin \alpha = 0. \quad (2.21)$$

На верхней и нижней стенке нет сил, действующих вдоль оси  $OZ$ . На боковых стенках сумма проекций сил на ось  $OZ$  будет иметь вид:

$$\Sigma F_z^6 = F_{\text{тр}2} \sin \alpha - F_{\text{сж}2} \cos \alpha. \quad (2.22)$$

Сила трения на боковых стенках во втором положении:

$$F_{\text{тр}2} = fp_2 A_{62}, \quad (2.23)$$

где  $p_2$  – нормальное давление на боковые стенки.

Во втором положении давление на боковые стенки определяется степенью сжатия субстрата и его сопротивлением этому сжатию. Поскольку объем канала уменьшается за счет сужения камеры сжатия, а масса остается такой же, то за счет давления поршня происходит увеличение плотности субстрата деформацией сжатия. Рядом исследований [58] для соломы и силоса установлен прямо пропорциональный характер между степенью сжатия, геометрическими характеристиками и напряжениями сжатия. Таким образом, за нормальное давление на боковые стенки во втором положении примем напряжения сжатия субстрата. Тогда выражение (2.23) представим в виде:

$$F_{\text{тр}2} = f\sigma_{\text{сж}} A_{62}. \quad (2.24)$$

Сила сжатия субстрата на сужающемся участке, соответствующему второму положению также будет определяться сопротивлением сжатию, или напряжениями сжатия. Поскольку напряжения сжатия будут иметь минимальное значение при входе на сужающийся участок, а максимальное значение при выходе из него, а также с учетом указанного ранее линейного характера изменения сопротивления сжатия, будем использовать среднее значение напряжений сжатия.

$$F_{\text{сж}2} = \sigma_{\text{сж}} A_{62}. \quad (2.25)$$

Таким образом, во втором положении проекция суммы сил сопротивления движению поршня на ось  $X$  будет иметь вид:

$$F_{\text{п}2} = 2F_{\text{тр}2} + 2F_{\text{сж}2} \sin \alpha + 2F_{\text{тр}2} \cos \alpha. \quad (2.26)$$

С учетом выражений (2.24) и (2.25):

$$F_{п2} = 2f\sigma_{сж} A_{62} + 2\sigma_{сж} A_{62} \sin \alpha + 2f\sigma_{сж} A_{62} \cos \alpha, \quad (2.27)$$

или

$$F_{п2} = 2\sigma_{сж} A_{62} (f + \sin \alpha + f \cos \alpha). \quad (2.28)$$

Таким образом, характеристиками, определяющими усилие на поршне во втором положении, являются напряжения сжатия субстрата, его коэффициент трения по поверхности канала, а также площадь взаимодействия.

В третьем положении (рисунок 2.10) субстрат также движется с постоянной скоростью, равной скорости движения поршня, боковые стенки канала корпуса прессы в третьем положении прямые. Сопротивление движению субстрата оказывают сила трения и сила, необходимая для наполнения пакета. Данные силы действуют вдоль оси  $Ox$ .

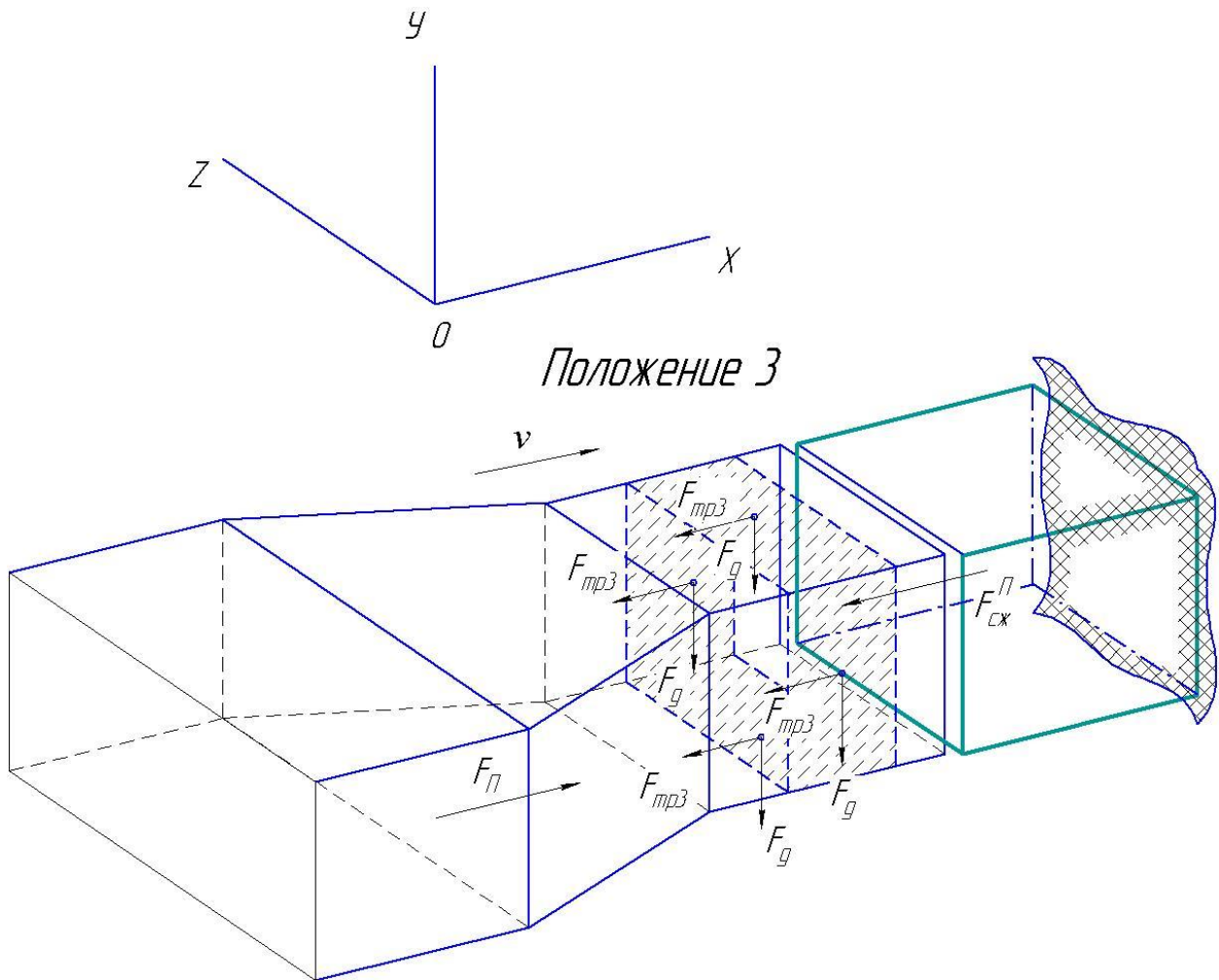


Рисунок 2.10 – Схема сил, действующих на субстрат в третьем положении

Поскольку сила трения определяется в данном положении напряжениями сжатия субстрата, то их величина будет равной на всех четырех стенках. Уравнение сил сразу с учетом четырех стенок корпуса имеет вид:

$$\Sigma F_x^B = F_{п3} - 2F_{тр3}^6 - 2F_{тр}^H - F_{сж}^П = 0. \quad (2.29)$$

Усилие на поршне:

$$F_{п3} = 2f\sigma_{сж} A_{63} + 2f\sigma_{сж} A_{н3} + F_{сж}^П = 2f\sigma_{сж} (A_{63} + A_{н3}) + F_{сж}^П, \quad (2.30)$$

где  $A_{63}$  – площадь боковых стенок в третьем положении;

$A_{н3}$  – площадь нижней стенки в третьем положении, равная площади верхней стенки;

$F_{сж}^П$  – сила, необходимая для наполнения пакета.

Таким образом, определены значения силы на поршне пресса для формирования пакета субстрата в трех положениях. Поскольку поршень проходит все три положения последовательно, складывать усилия для определения суммарного усилия нельзя.

## 2.6 Мощность, необходимая для привода пресса

Мощность, потребляемая для выполнения процесса на участках прессования, определяется усилием на поршне и скоростью его движения  $v$ .

Потребляемая мощность в первом положении:

$$\begin{aligned} P_{п1}^1 = F_{п1}^1 v = & 2[(fpA_6 + k_{сж} fpA_6) + \frac{v}{t} M + f(pA_H + Mg) + k_{сж} f(pA_H + Mg) + \\ & + f(pA_B - Mg) + k_{сж} f(pA_B - Mg)]v. \end{aligned} \quad (2.31)$$

Потребляемая мощность во втором положении:

$$P_{п2} = F_{п2} v = 2\sigma_{сж} A_{62} (f + \sin \alpha + f \cos \alpha) v. \quad (2.32)$$

Потребляемая мощность в третьем положении:

$$\begin{aligned} P_{п3} = F_{п3} v = & [2f\sigma_{сж} A_{63} + 2f\sigma_{сж} A_{н3} + F_{сж}^П] v = \\ = & [2f\sigma_{сж} (A_{63} + A_{н3}) + F_{сж}^П] v. \end{aligned} \quad (2.33)$$

Складывать полученные мощности для получения максимальной мощности также нельзя, поскольку процесс формирования блока и прохождение участков происходит последовательно. Подбор электродвигателя и элементов гидропривода производится по наибольшей мощности. Численная оценка показывает, что наибольшая потребляемая мощность соответствует второму положению, т. к. сопротивление сжатию больше чем сопротивление, оказываемое силой трения.

## 2.7 Производительность формирования блока субстрата предлагаемым прессом

Пресс для формирования блоков субстрата относится к машинам периодического действия. Процесс выполняется по периодически повторяющемуся замкнутому циклу. В состав операций входят:

- установка пакета и подача субстрата в загрузочное устройство;
- рабочий ход поршня, формирование блока субстрата и заполнение пакета;
- снятие готового блока, упакованного в пакет.

Далее процесс повторяется.

Производительность прессы  $Q$ :

$$Q = \frac{M}{t_{\text{ц}}}, \quad (2.34)$$

где  $M$  – масса блока субстрата, упакованного в пакет;

$t_{\text{ц}}$  – суммарное время операций, или время цикла:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{п}} + t_{\text{ф}} + t_{\text{с}} + t_{\text{х}}, \quad (2.35)$$

где  $t_{\text{п}}$  – время на установку пакета и подачу субстрата в загрузочное устройство;

$t_{\text{ф}}$  – время формирования блока и заполнение пакета, т.е. время непосредственно рабочего процесса;

$t_{\text{с}}$  – время на снятие готового блока;

$t_{\text{х}}$  – дополнительное время на переходы, запуск прессы и др.

Масса блока субстрата определяется его размерами и конечной плотностью  $\rho_{\text{к}}$ :

$$M = abl\rho_{\text{к}}, \quad (2.36)$$

где  $a, b, l$  – ширина, высота и длина сформированного блока.



Тогда производительность  $Q$ :

$$Q = \frac{abl\rho_k}{t_{\text{п}} + t_{\text{ф}} + t_{\text{с}} + t_{\text{х}}}. \quad (2.37)$$

Таким образом, повышение производительности достигается сокращением времени цикла за счет совмещения операций и времени на их выполнение. В предлагаемой конструкции пресса по сравнению с существующими время цикла уменьшается за счет увеличения скорости формирования блока и меньшего времени подачи субстрата на формирование блока.

## 2.8 Энергоемкость формирования блока субстрата

Энергоемкость формирования блока определяется отношением мощности, затрачиваемой на выполнение всего процесса к производительности.

$$E = \frac{P}{Q}. \quad (2.38)$$

Подставляя в выражение (2.38) формулы для определения суммарной мощности для выполнения всего процесса (2.31), (2.32), (2.33) и производительности (2.34), получим:

$$E = \frac{P_{\text{п}}^1 + P_{\text{п2}} + P_{\text{п3}}}{Q}. \quad (2.39)$$

После подстановки соответствующих выражений:

$$E = \frac{2t_{\text{п}} \left( [(fpA_{\text{с}} + k_{\text{сж}} fpA_{\text{с}}) + \frac{v}{t} M + f(pA_{\text{н}} + Mg) + k_{\text{сж}} f(pA_{\text{н}} + Mg) + f(pA_{\text{в}} - Mg) + k_{\text{сж}} f(pA_{\text{в}} - Mg)] v + 2\sigma_{\text{сж}} A_{\text{с2}} (f + \sin \alpha + f \cos \alpha) v + [2f\sigma_{\text{сж}} (A_{\text{с3}} + A_{\text{п3}}) + F_{\text{сж}}^{\text{н}}] v \right)}{abl\rho_k} \quad (2.40)$$

Выражение (2.40) учитывает основные конструктивные и режимные параметры предлагаемого пресса, характеристики субстрата и эксплуатационные факторы. В результате теоретических исследований получены теоретические зависи-

мости и аналитические выражения для определения усилий взаимодействия, приводной мощности, производительности и энергоемкости процесса формирования блоков субстрата для выращивания грибов.

## **2.9 Выводы по главе**

1. Предложена новая конструкционно-технологическая схема пресса для формирования блоков субстрата для выращивания грибов (патент на полезную модель № 219973).

2. Получены аналитические выражения, описывающие силы, возникающие при взаимодействии рабочих органов с тепличным субстратом.

3. Установлены теоретические зависимости для определения мощности, необходимой для привода, производительности и энергоемкости процесса формирования блоков субстрата для выращивания грибов.

### 3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исходя из общих задач исследований, программа экспериментальных исследований предусматривала следующее:

- подтвердить работоспособность предлагаемого пресса для формирования блоков тепличного субстрата;
- проверить достоверность полученных теоретических зависимостей, аналитических выражений и формул;
- получить экспериментальные зависимости между исследуемыми параметрами и критериями оптимизации;
- определить основные физико-механические и технологические свойства субстрата для выращивания грибов;
- обосновать рациональные значения параметров пресса для формирования блоков тепличного субстрата экспериментальным путем;
- проверить эффективность применения пресса для формирования блоков субстрата для выращивания грибов в условиях производства.

Методика экспериментальных исследований включала с себя:

- разработку и изготовление полномасштабного экспериментального образца пресса для формирования блоков субстрата для выращивания грибов;
- исследование физико-механических свойств исходных материалов для субстрата для выращивания грибов, а также материала в готовых блоках;
- исследование режимных и конструктивных параметров пресса для формирования блоков субстрата для выращивания грибов;
- определение оптимальных значений параметров пресса для формирования блоков субстрата для выращивания грибов;
- сравнение полученных экспериментальных результатов с теоретическими положениями.

### 3.1 Методика исследования физико-механических свойств субстрата для выращивания грибов

Субстрат для выращивания грибов представляет собой различные материалы растениеводства с существенно различающимися физико-механическими свойствами: солома, опилки, лузга подсолнечника, проса и других культур. Возможно применение в качестве субстрата смесей этих материалов. Указанные материалы могут иметь различную влажность, плотность, коэффициент трения, коэффициент внешнего трения, сопротивление деформациям: сжатию и сдвигу и некоторые другие. Перечисленные физико-механические свойства определяли по известным методикам, изложенным в работах [57, 58].

Влажность субстрата определяли высушиванием вырезанной пробы материала в сушильном шкафу до постоянной массы:

$$W = \frac{G_b - G_c}{G_b}, \quad (3.1)$$

где  $W$  – относительная влажность материала, %;

$G_b$  – масса исходного субстрата, г;

$G_c$  – масса субстрата после высушивания, г.

Взвешивание проводили на электронных лабораторных весах с точностью измерения до 0,1 г.

Насыпную плотность определяли в соответствии с ГОСТ Р 55450-2013, используя контейнер вместимостью 0,125 м<sup>3</sup>. Повторность определения – не менее пяти раз.

1. Контейнер помещали на весы и определяли его массу. Затем постепенно загружали контейнер материалом субстратного блока до образования насыпи выше краев. Высота падения материала субстрата не должна превышать 500 мм.

2. После заполнения контейнера поверхность материала субстрата выравнивали планкой и удаляли частицы, которые мешали свободному движению планки, после чего взвешивали загруженный контейнер.

3. Насыпную плотность материала субстрата  $Z$ , г/дм<sup>3</sup>, вычисляли по формуле:

$$Z = \frac{m_2 - m_1}{V}, \quad (3.2)$$

где  $m_1$  – масса пустого контейнера, г;

$m_2$  – масса контейнера с материалом, г;

$V$  – вместимость контейнера, л.

За результат принимали среднеарифметическое результатов пяти определений с точностью до первого знака после запятой [17].

Однородность плотности субстратного блока определяли следующим образом:

1. Подготавливали субстратные блоки, обеспечив их целостность и доступность для измерений.

2. Разделяли поверхность субстратного блока на равномерные участки по сетке равным шагом – не менее 9 точек на верхней и нижней поверхностях и не менее 3 точек на боковых поверхностях. Отмечали точки для измерений на верхней, нижней и боковых гранях блока, также отметив 5 случайно распределенных точек на любых гранях. Делали вырез в пленке в отмеченных точках диаметром 10 мм.

3. Устанавливали пенетромтр в первую точку и плавно погружали его в субстратный блок до достижения заданной глубины (5 см). Фиксировали значение усилия, необходимого для проникновения пенетромтра, с помощью шкалы прибора. Повторяли измерение для всех отмеченных точек на субстратном блоке, обеспечивая одинаковые условия испытания [69].

4. Для каждой точки измерения записывали усилие в журнал с указанием ее координат.

5. Выполняли расчеты для оценки однородности распределения плотности. Строили карту распределения плотности, используя данные измерений.

Коэффициент вариации плотности рассчитывали по формуле:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{X}} \cdot 100 \%, \quad (3.3)$$

где  $\sigma$  – стандартное отклонение;

$\bar{X}$  – среднее значение плотности, г/дм<sup>3</sup>.

Результаты сравнивали с технологическими нормами для оценки качества субстратного блока.

Плотность материалов, используемых в качестве субстрата для выращивания грибов, изменяется в зависимости от способа хранения и микроклимата в помещении. Относительная величина плотности таких материалов может увеличиваться в 1,5–2,0 раза. Уплотнение субстрата при воздействии рабочего органа происходит сначала интенсивно, затем скорость увеличения плотности снижается. Величина уплотнения характеризуется коэффициентом уплотнения – соотношением плотности после уплотнения к первоначальной. Плотность представляет собой массу вещества в единице объёма. Она определяется по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (3.4)$$

где  $\rho$  – плотность субстрата, кг/м<sup>3</sup>;

$m$  – масса субстрата, кг;

$V$  – объём, занимаемый субстратом, м<sup>3</sup>.

Поскольку в теоретических исследованиях важное значение имеет коэффициент трения материала субстрата по стали и сопротивление сжатию, для их определения при проведении экспериментальных исследований использовали приборы и методику, разработанные в ранее проводимых исследованиях [57, 58].

### 3.2 Описание экспериментальной установки

Исследования проводили на опытном образце пресса для формирования блоков субстрата для выращивания грибов, изготовленном в натуральную величину в соответствии с ранее обоснованной конструкцией и параметрами.

Пресс для формирования блоков субстрата для выращивания грибов (рисунок 3.1) содержит корпус, раму, камеру загрузки, гидроцилиндр с поршнем, камеру прессования, фильеру, масляную станцию, стол для наполненного субстратом пакета. Корпус установлен на раму. К корпусу пресса закреплен гидроцилиндр с поршнем, для привода гидроцилиндра с поршнем использована гидравлическая станция. С узкой стороны расположена фильера. Между корпусом и фильерой

расположена камера прессования. Для получения равномерного наполнения пакета субстратом камера прессования выполнена с сужением в сторону фильеры. Для удобства пакет с субстратом при наполнении опирается на стол.



Рисунок. 3.1 – Общий вид пресса для формирования блоков субстрата

Работает пресс для наполнения пакетов грибным субстратом следующим образом. Субстрат подается в камеру загрузки, а из нее в корпус пресса. На фильере надевается полиэтиленовый пакет. При включении устройства поршень начинает двигаться в канале корпуса в сторону фильеры, смещая субстрат к камере прессования. Камера прессования, имеющая переменное сечение в сторону фильеры. Субстрат, выталкиваемый поршнем при прохождении через сужение, сжимается и через фильеру наполняется в полиэтиленовый пакет.

Благодаря такому устройству достигается равномерность формирования блока с грибным субстратом, его однородная плотность и повышение производительности за счет одного рабочего органа – гидроцилиндра с поршнем.

Поршень выполнен составным из двух рабочих пластин – внешней и внутренней (рисунок 3.2). При движении поршня в сужающейся части камеры прессования внешняя и внутренняя рабочие пластины смещаются относительно друг друга благодаря шарнирному креплению на основании при помощи рычагов внешней и внутренней пластин. За счет смещения пластин обеспечивается во время работы изменение ширины поршня.





Рисунок 3.2 – Поршень в сужающейся части камеры прессования

Движение поршня обеспечивалось гидроцилиндром (рисунок 3.3) с приводом от гидравлической станции (рисунок 3.4).



Рисунок 3.3 – Гидроцилиндр для движения поршня





Рисунок 3.4 – Масляная станция (гидропривод)

### 3.3 Программа и методика экспериментальных исследований

Теоретическими исследованиями установлены наиболее значимые факторы, влияющие на показатели эффективности работы предлагаемого пресса для грибного субстрата. К наиболее значимым факторам относятся скорость движения поршня в канале пресса, угол сужения камеры прессования, а также вид исходного материала, используемого для прессования в субстратные блоки. Вид исходного материала обуславливает величину коэффициентов трения и напряжений сжатия. В качестве показателей эффективности приняты усилие прессования (усилие на поршне), мощность привода, производительность и энергоемкость технологического процесса прессования.

Влияние факторов на эффективность пресса:

1. Скорость движения поршня:

- высокая скорость увеличивает производительность, но может снизить равномерность заполнения блоков;
- оптимальная скорость позволяет достичь баланса между производительностью и качеством субстратных блоков.

## 2. Угол сужения камеры прессования:

- больший угол способствует лучшему сжатию субстрата, но может увеличивать усилие прессования;
- меньший угол снижает усилие прессования, но может уменьшить плотность субстрата.

## 3. Вид исходного материала:

- материалы с низким коэффициентом трения требуют меньшего усилия прессования;
- материалы с высокими напряжениями сжатия могут улучшить плотность и качество блоков, но увеличивают энергоемкость процесса.

### Показатели эффективности:

- усилие прессования – определяет, какое давление необходимо для формирования качественного блока;
- мощность привода – влияет на энергоемкость и затраты на эксплуатацию прессы.
- производительность – количество блоков, формируемых за единицу времени, критично для масштабного производства;
- энергоемкость – определяет экономическую эффективность процесса.

Оптимизация этих факторов позволяет повысить эффективность работы прессы, улучшить качество субстратных блоков и снизить эксплуатационные затраты.

Изучение указанных факторов и критериев осуществлялось в соответствии с программой исследований, включающей в себя серию двухфакторных экспериментов. В таблице 3.1 приведен план двухфакторного эксперимента для исследования скорости поршня и угла сужения камеры прессования.

Скорость поршня (фактор 1) изменяли по четырем значениям и задавали дросселем, уменьшающим в гидросистеме подачу масла в гидроцилиндр. Угол сужения (фактор 2) также изменяли по четырем значениям и задавали сменой боковых стенок камеры прессования. Критериями оптимизации в двухфакторном эксперименте являлись: усилие  $F$  (Н) на поршне прессы и плотность субстратных блоков  $\rho$  (г/дм<sup>3</sup>).

Таблица 3.1 – Двухфакторный план эксперимента

№	Уровень факторов				Критерии оптимизации	
	скорость поршня		угол сужения		усилие, Н	плотность, г/дм <sup>3</sup>
	№	м/с	№	град.	$F$	$\rho$
1	1	0,04	1	4,5	$F_1$	$\rho_1$
2	1	0,04	2	5,5	$F_2$	$\rho_2$
3	1	0,04	3	6,5	$F_3$	$\rho_3$
4	1	0,04	4	7,5	$F_4$	$\rho_4$
5	1	0,04	5	8,5	$F_5$	$\rho_5$
6	2	0,06	1	4,5	$F_6$	$\rho_6$
7	2	0,06	2	5,5	$F_7$	$\rho_7$
8	2	0,06	3	6,5	$F_8$	$\rho_8$
9	2	0,06	4	7,5	$F_9$	$\rho_9$
10	2	0,06	5	8,5	$F_{10}$	$\rho_{10}$
11	3	0,08	1	4,5	$F_{11}$	$\rho_{11}$
12	3	0,08	2	5,5	$F_{12}$	$\rho_{12}$
13	3	0,08	3	6,5	$F_{13}$	$\rho_{13}$
14	3	0,08	4	7,5	$F_{14}$	$\rho_{14}$
15	3	0,08	5	8,5	$F_{15}$	$\rho_{15}$
16	4	0,1	1	4,5	$F_{16}$	$\rho_{16}$
17	4	0,1	2	5,5	$F_{17}$	$\rho_{17}$
18	4	0,1	3	6,5	$F_{18}$	$\rho_{18}$
19	4	0,1	4	7,5	$F_{19}$	$\rho_{19}$
20	4	0,1	5	8,5	$F_{20}$	$\rho_{20}$
21	5	0,12	1	4,5	$F_{21}$	$\rho_{21}$
22	5	0,12	2	5,5	$F_{22}$	$\rho_{22}$
23	5	0,12	3	6,5	$F_{23}$	$\rho_{23}$
24	5	0,12	4	7,5	$F_{24}$	$\rho_{24}$
25	5	0,12	5	8,5	$F_{25}$	$\rho_{25}$

В результате обработки полученных опытных данных с помощью прикладных программ построили уравнение регрессии вида:

$$Y = a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_1^2 + a_4 X_2^2 + a_5, \quad (3.5)$$

где  $Y$  – один из критериев оптимизации – усилие  $F$  на поршне пресса (Н), плотность субстратных блоков  $\rho$  (г/дм<sup>3</sup>);

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$  – коэффициенты регрессии;

$X_1$  – скорость движения поршня в канале пресса, м/с;

$X_2$  – угол сужения, град.

Задача регрессионного анализа состоит в построении такого уравнения плоскости в  $(p+1)$ -мерном пространстве, отклонение результатов наблюдения  $Y_i$

от которого были бы минимальными. Для этого следует вычислить значение коэффициентов  $a_i$  в полиноме (3.5).

Проверка значимости уравнения регрессии состоит из следующих этапов.

Вычисляют остаточную дисперсию по формуле:

$$\bar{S}_{\text{ост}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \vec{y}_i)^2}{n - p - 1}, \quad (3.6)$$

которую затем сравнивают с дисперсией среднего  $\bar{S}_y^2$  с помощью  $F$ -критерия Фишера:

$$\hat{F}_k = \frac{\bar{S}_y^2}{\bar{S}_{\text{ост}}^2} \quad (3.7)$$

с числом степени свободы в числе  $\nu_{01} = n - 1$  и в знаменателе  $\nu_{02} = n - p - 1$ .

Уравнение (3.5) предсказывает результаты опытов лучше среднего, если  $\bar{F}$  достигает или превышает границу значимости при выбранном уровне значимости.

Значимость коэффициентов регрессии  $x_i$  проверяют по критерию Стьюдента:

$$t = \frac{A_i}{S_{bi}}. \quad (3.8)$$

Вычисленное значение  $\hat{t}$  сравнивают с  $t^*$  при числе степени свободы  $\nu_0 = n - p - 1$ .

Погрешность коэффициента регрессии:

$$\bar{S}_{Ai} = \sqrt{\bar{S}_{\text{ост}}^2 C_{ii}}. \quad (3.9)$$

Доверительный интервал для коэффициента регрессии:

$$A_i - t^* \bar{S}_{Ai} \leq \beta_i \leq A_i + t^* \bar{S}_{Ai}, \quad (3.10)$$

где  $\beta_i$  – значение для коэффициента регрессии в генеральной совокупности.

### 3.4 Последовательность проведения опытов

Каждый опыт проводился в следующей последовательности.

1. Подготовка пресса для формирования блоков субстрата к эксперименту, подключение к сети. Установка требуемых конструктивных и режимных параметров, проверка работы гидропривода. Подача исходного материала в загрузочное устройство (рисунок 3.5). Закрепление пакета для готового блока субстрата (рисунок 3.6).



Рисунок 3.5 – Подготовка пресса к проведению опытов





Рисунок 3.6 – Закрепление пакета для готового блока субстрата

2. Включение гидросистемы в работу. Рабочий ход поршня.
3. Заполнение пакета субстратом (рисунок 3.7).
4. Замер давления в гидросистеме (рисунок 3.8). Замер времени рабочего хода и других операций, а также полного времени цикла.



Рисунок 3.7 – Пресс в работе (заполнение пакета субстратом)





Рисунок 3.8 – Датчики давления масла в гидросистеме

5. Взвешивание готового блока и определение других параметров (рисунок 3.9).
6. Оценка качества полученного блока субстрата (рисунок 3.10).



Рисунок 3.9. – Взвешивание готового блока и определение других параметров



Рисунок 3.10 – Оценка качества полученного блока субстрата

7. Определение критериев оптимизации.

8. Заполнение журнала эксперимента.

9. Обработка результатов эксперимента.

По полученным данным проводилось определение технико-экономических показателей предлагаемого прессы для формирования блоков грибного субстрата в сравнении с прессом субстратных блоков ПМСБ-1Э.

Для замера и фиксирования геометрических параметров и режимов работы прессы использовали следующие приборы и оборудование:

- секундомер, мерная линейка для измерения времени и перемещения машины;
- для регистрации давления в гидросистеме – манометр ТМ-310Р.00 (0-40МПа) М12х1,5.150С.2,5 (рисунок 3.11.);
- весы, разновесы и сушильный шкаф СУ 2М для определения влажности и плотности субстрата.
- для замера напряжений сжатия – пенетрометр ПСГ-МГ4 (рисунок 3.12).





Рисунок 3.11 – Манометр регистрации давления в гидросистеме



Рисунок 3.12 – Пенетромтр

Таким образом, в результате определена система параметров и критериев оптимизации для исследования предлагаемого прессы для формирования блоков грибного субстрата; комплекс приборов и оборудования для фиксирования параметров; последовательность, программа и методика проведения экспериментальных исследований.

### **3.5 Выводы по главе**

1. Разработан и изготовлен опытный образец прессы для формирования блоков грибного субстрата.
2. Разработана программа и методика экспериментальных исследований прессы для формирования блоков грибного субстрата.
3. Определена методика исследования физико-механических свойств материалов для использования в качестве грибного субстрата.

#### 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Экспериментальные исследования проводились для подтверждения эффективности гидравлического пресса для формирования субстратных блоков, определения показателей плотности субстратного блока, получаемого в процессе использования и получения экспериментальных зависимостей между критериями оптимизации и исследуемыми факторами; нахождения оптимальных конструктивных и режимных параметров путем проведения экспериментов.

Формирование субстратного блока является важной составляющей технологического процесса выращивания грибов. От этого этапа зависит будущая урожайность. Субстрат состоит из таких компонентов, как солома, лузга подсолнечника, древесная щепа и др. Все эти материалы должны быть равномерно увлажнены до 68–72 %, блок должен быть не переуплотненным, при этом не содержать пустых областей или неоднородных участков. Для осуществления данной технологической операции был разработан и изготовлен гидравлический пресс для субстратных блоков, устройство которого подробно изложено в главе 3.

На рисунке 4.1 показано проведение экспериментальных исследований.



Рисунок 4.1 – Проведение экспериментальных исследований

Основными рабочими органами гидравлического пресса для формирования субстратного блока является гидроцилиндр с поршнем с пластинами, сходящими друг к другу при прохождении через сужающуюся часть в камере сжатия пресса. Корпус содержит камеру сжатия – участок, который имеет переменное сече-

ние, сужающееся к фильере. Соотношение сужающейся части можно регулировать. Помимо сужения, существенное влияние на процесс формирования субстратного блока оказывает скорость рабочего органа. Скорость движения гидроцилиндра с поршнем так же в значительной степени влияет на показатели плотности получаемого субстратного блока.

#### **4.1 Результаты исследований физико-механических свойств сырья, используемого для субстрата**

Результаты исследований физико-механических свойств сырья, применяемого для изготовления субстрата в грибных хозяйствах, играют ключевую роль в оптимизации процесса культивирования грибов. Важно понимать, какие свойства сырья влияют на качество и однородность субстрата, что существенно влияет на результативность всего производственного процесса.

Одним из основных параметров, изучаемых в исследованиях, является размер частиц сырья. Оптимальный размер фракций, как для соломы, так и для древесных отходов или других компонентов субстрата, варьируется в зависимости от их типа и способа обработки. На действующих производствах щепу и солому измельчают до размера частиц 5–6 см (рисунок 4.2) с помощью специальных устройств, что способствует лучшему впитыванию влаги и обеспечивает равномерность процессов увлажнения и сжатия в последующих этапах производства.



Рисунок 4.2 – Фракция соломы для выращивания грибов после измельчения на ИСРК-12

Другим важным аспектом является анализ влажности сырья (рисунок 4.3). Исследования показывают, что оптимальное содержание влаги в сырье способствует формированию нужной консистенции субстрата и обеспечивает наилучшие условия для развития грибного мицелия. Слишком высокая или низкая влажность может привести к неравномерности в распределении влаги в субстрате, что, в свою очередь, отразится на качестве готовой продукции.



Рисунок 4.3 – Анализ влажности сырья в производственной лаборатории

Кроме того, исследования физико-механических свойств сырья также охватывают анализ плотности материала. Оптимальная плотность субстрата важна для обеспечения стабильности и прочности субстратных блоков, что влияет на удобство транспортировки, хранения и последующего использования в процессе культивирования грибов.

Таким образом, результаты исследований физико-механических свойств сырья не только помогают оптимизировать технологические процессы в грибных хозяйствах, но и способствуют улучшению качества конечной продукции, повышению её экономической эффективности и конкурентоспособности на рынке.

Субстрат в своем составе имеет различные виды сырья. Как было указано в главе 1, самыми распространенными являются следующие виды сырья: солома, лузга, древесная щепа и др. По результатам исследований физико-механических свойств данных компонентов составлена таблица 4.1.

**Таблица 4.1 – Физико-механические свойства исходных материалов для приготовления субстрата**

Компонент	Насыпная плотность, г/дм <sup>3</sup>	Коэффициент трения (сталь)	Исходное сопротивление, кПа	
			сжатию	сдвигу
Солома	230	0,65	0,06	0,09
Лузга	250	0,8	0,1	0,08
Древесная щепа	350	0,9	0,15	0,12

Сырье заготавливают непосредственно перед использованием фасовкой в блоки, чтобы избежать загрязнения субстрата.

В ходе анализа компонентов субстратного блока было выяснено, что они различаются по физико-механическим свойствам. Солома наиболее упругий материал, имеет наименьшую насыпную плотность, в то время как древесная щепа наиболее, плотный и не упругий материал. Наибольшей величиной относительного уплотнения также обладает солома, а наименьшей – древесная щепа. Также древесная щепа обладает наибольшим сопротивлением деформациям сжатия и сдвига.

#### **4.2 Результаты экспериментальных исследований**

Исследования включали в себя два двухфакторных эксперимента, направленных на анализ влияния различных параметров на ключевые показатели. В первом эксперименте изучалась зависимость получаемой плотности субстратного блока от скорости движения поршня и угла сужения камеры пресса. Эти параметры были выбраны на основе предварительных теоретических исследований, поскольку они напрямую влияют на плотность при формировании субстратного блока. Во втором эксперименте рассматривалось, как те же параметры – скорость поршня и угол сужения камеры прессования – влияют на усилие, прикладываемое к поршню во время сжатия.

Эти параметры являются определяющими факторами, которые значительно влияют на результаты и использовались как основные критерии оптимизации в процессе формирования субстратного блока.

### **4.3 Влияние угла сужения пресса и скорости движения поршня на плотность получаемого субстратного блока**

В ходе исследований влияния угла сужения камеры сжатия гидравлического пресса и скорости движения гидроцилиндра с поршнем на плотность субстратного блока была проведена серия экспериментов с использованием разного вида сырья.

Угол сужения камеры сжатия является важным параметром, определяющим степень сжатия субстрата и, как следствие, его плотность. В экспериментах изменялись значения угла сужения камеры сжатия с целью определить оптимальное значение, при котором достигается наивысшая плотность субстратного блока. Также изучалось влияние скорости движения поршня на получаемую плотность субстратных блоков.

#### **4.3.1 Влияние угла сужения пресса и скорости движения поршня на плотность получаемого блока при использовании соломы как исходного сырья**

Исследования влияния на плотность субстратных блоков  $\rho$  угла сужения камеры сжатия и скорости перемещения поршня позволили получить вероятностно-статистические уравнения, описывающие полученные результаты.

Проведенный анализ позволил выявить взаимосвязь между этими параметрами и плотностью субстратных блоков, что является ключевым для оптимизации технологических процессов. В результате была сформулирована регрессионная модель, отражающая данную зависимость. Уравнение регрессии, описывающее влияние угла сужения камеры сжатия пресса и скорости поршня на плотность блоков, имеет следующий вид:

$$\rho = 157,51 + 841,224v + 55,071\alpha - 2222,05v^2 + 14,783v\alpha - 3,346\alpha^2. \quad (4.1)$$

Графически зависимость плотности субстратных блоков, сформированных на соломе, от вышеуказанных факторов представлена на рисунке 4.5. Анализ полученной вероятностно-статистической модели и ее графической интерпретации показывает, что плотность, начинает возрастать с увеличением скорости и угла сужения камеры.



Эксперименты показали, что с увеличением угла сужения камеры сжатия обычно увеличивается плотность субстратного блока. Однако, влияние данного угла на плотность носит нелинейный характер. Первоначально при угле  $4,5^\circ \dots 6,5^\circ$  плотность интенсивно возрастает, но при дальнейшем увеличении угла плотность возрастает менее интенсивно. Так, при скорости поршня  $0,04$  м/с увеличение угла с  $4^\circ$  до  $6^\circ$  плотность соломы возрастает с  $373$  до  $405$  г/дм<sup>3</sup>; а при увеличении угла с  $6,5^\circ$  до  $8,5^\circ$  – возрастает с  $405$  до  $420$  г/дм<sup>3</sup>. В то же время при скорости поршня  $0,06$  м/с увеличение угла с  $4,5^\circ$  до  $6,5^\circ$  приводит к росту плотности соломы с  $380$  до  $421$  г/дм<sup>3</sup>; а при увеличении угла с  $6,5^\circ$  до  $8,5^\circ$  – возрастает с  $421$  до  $435$  г/дм<sup>3</sup>. Результаты подтверждают нелинейный характер, адекватно описываемый квадратичной зависимостью.

На рисунке 4.4 представлена экспериментальная зависимость плотности субстратного блока, сформированного из резки соломы, от угла сужения камеры сжатия и скорости перемещения поршня.

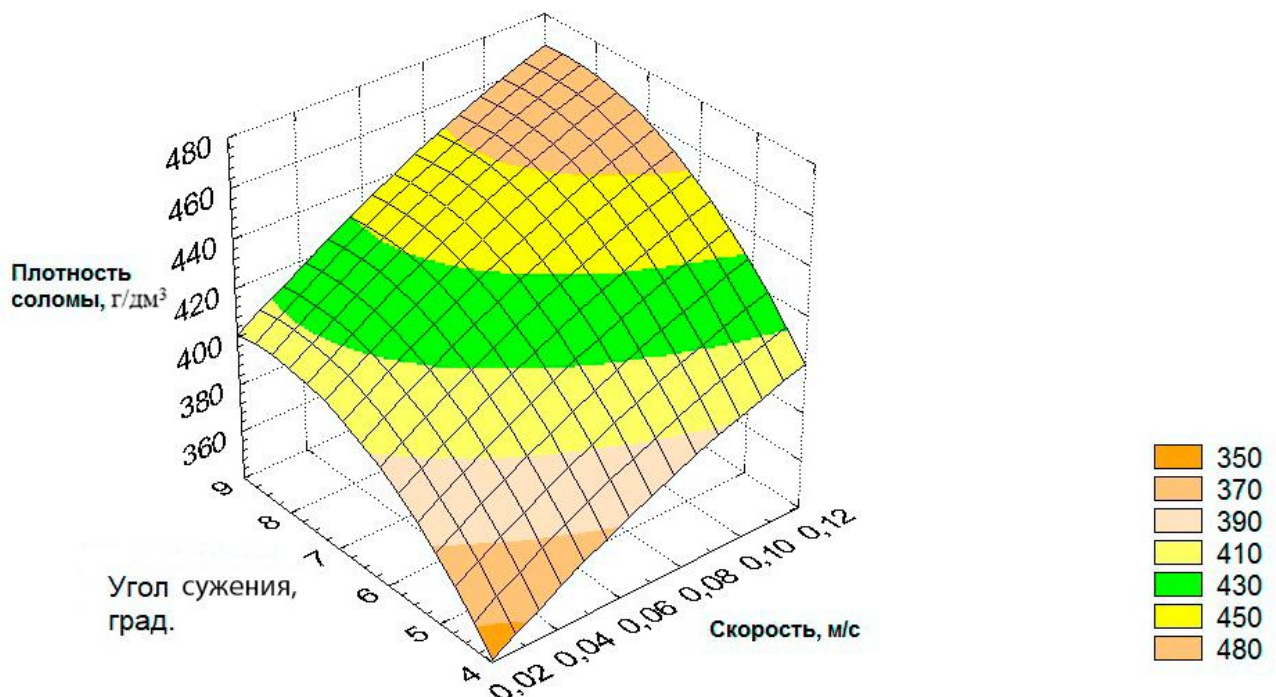


Рисунок 4.4 – Экспериментальная зависимость плотности субстратного блока, сформированного из резки соломы, от угла сужения камеры сжатия (град.) и скорости перемещения поршня  $v$  (м/с)



Солома является хорошо сжимаемым компонентом. Блоки упругие, имеют равномерную плотность (рисунок 4.5). Равномерность распределения плотности оценивали по методике, изложенной в третьей главе. При этом существует определенное значение угла, после которого дальнейшее увеличение плотности соломы в блоке практически прекращается из-за достижения значений, близких к предельной плотности и как следствие ограниченной сжимаемости материала.



Рисунок 4.5 – Субстратный блок, сформированный из резки соломы

Изменение плотности резки соломы от скорости поршня (скорости сжатия) имеет аналогичный характер с несколько меньшей интенсивностью. Плотность в исследуемом диапазоне скоростей возрастает, однако при больших значениях увеличивается менее интенсивно. Например, при угле сужения камеры сжатия  $6,5^\circ$  увеличение скорости с 0,04 до 0,06 м/с приводит к росту плотности резки соломы с 405 до 421 г/дм<sup>3</sup>. В то же время увеличение скорости с 0,06 до 0,1 м/с приводит к росту плотности резки соломы с 421 до 444 г/дм<sup>3</sup>. Зависимость также не линейна, адекватно описывается квадратичным уравнением.

Анализ полученной в результате реализации двухфакторного эксперимента зависимости позволяет обосновать рациональные значения исследуемых парамет-

ров. Оптимальная для роста грибов плотность резки соломы, как указано в первой главе, составляет 410–440 г/дм<sup>3</sup>. Такая плотность может быть достигнута при определенных сочетаниях угла сужения камеры сжатия и скорости движения поршня. Такими сочетаниями могут быть угол 8,5° и скорость поршня 0,04 м/с; угол 5,5° и скорость 0,1 м/с и другие (рисунок 4.6). Однако исследованиями установлено, что при высоких скоростях движения поршня увеличивается вероятность неравномерного распределения плотности по сечению блока, что снижает его качество. При малых скоростях падает производительность процесса и машины в целом.

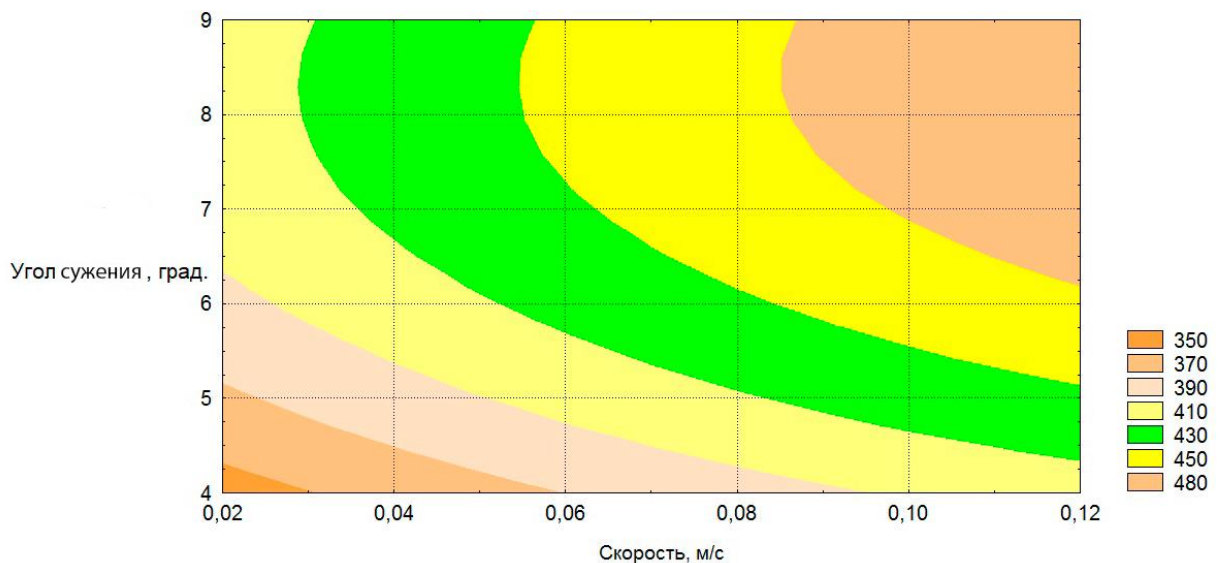


Рисунок 4.6 – Область значений угла сужения камеры сжатия (град.) и скорости перемещения поршня  $v$  (м/с) при использовании резки соломы

Оптимальные параметры плотности формируемого блока из резки соломы достигаются при угле сжатия 7,5°...8,5° и средней скорости движения поршня 0,04–0,06 м/с. Блок формируется равномерной плотности во всех точках замеров, коэффициент вариации не превышает 3 %.

#### 4.3.2 Влияние угла сужения камеры прессы и скорости движения поршня на плотность получаемого блока при использовании лузги подсолнечника как исходного сырья

Исследования влияния угла сужения камеры сжатия и скорости перемещения поршня на плотность субстратных блоков, изготовленных из лузги подсолнечника, позволили сформулировать вероятностно-статистические уравнения, ко-

торые описывают полученные результаты. Уравнение регрессии, отражающее влияние угла сужения камеры сжатия и скорости поршня на плотность блоков, имеет следующий вид:

$$\rho = 305,545 + 721,429v - 1,051\alpha - 2821,43v^2 + 58v\alpha + 0,129\alpha^2, \quad (4.2)$$

Графическая зависимость в виде поверхности отклика плотности субстратных блоков, сформированных из лузги подсолнечника, от угла сужения камеры сжатия и скорости перемещения поршня представлена на рисунке 4.7. Зависимость носит нелинейный характер и также адекватно описывается квадратичным уравнением.

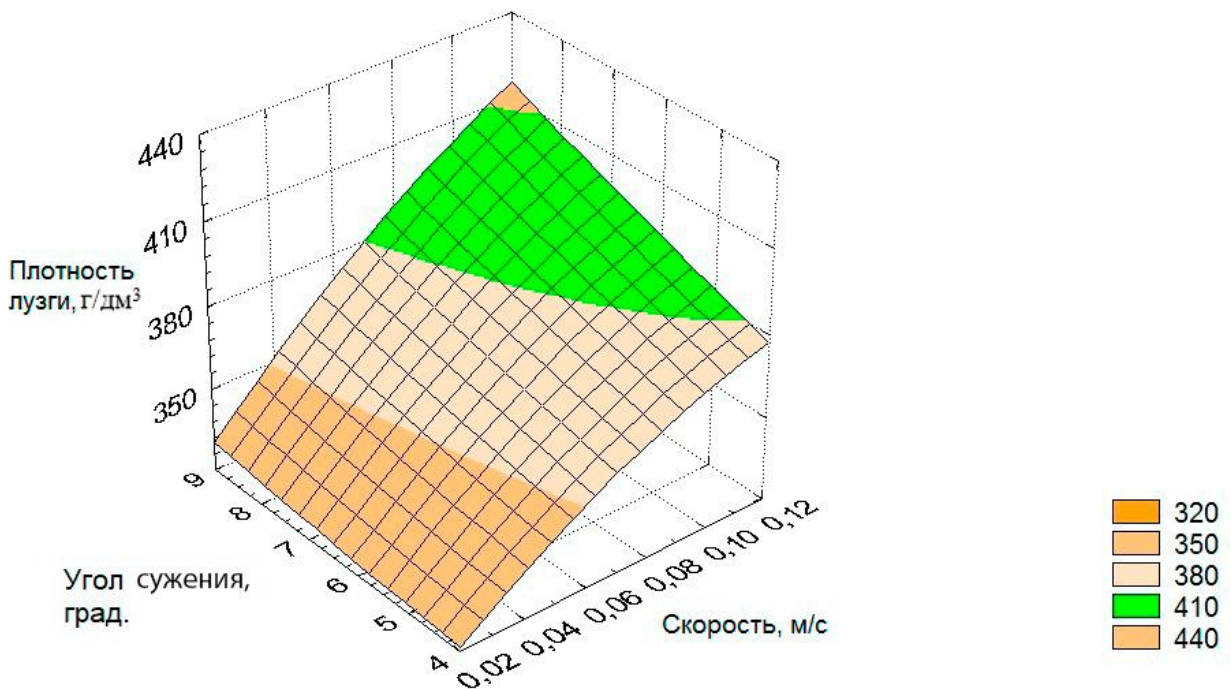


Рисунок 4.7 – Экспериментальная зависимость плотности субстратного блока, сформированного из лузги подсолнечника, от угла сужения камеры сжатия (град.) и скорости перемещения поршня  $v$  (м/с)

Анализ полученной зависимости показывает, что ее характер для лузги подсолнечника носит во многом схожий характер, как и для резки соломы. При увеличении обоих исследуемых параметров – угла сужения камеры сжатия и скорости перемещения поршня – плотность возрастает. Однако отличия в физико-механических свойствах данных материалов обуславливают и изменения в характере зависимости. Влияние угла сужения камеры сжатия на плотность для



лузги подсолнечника имеет практически линейный характер, и интенсивность роста возрастает при больших скоростях. При скорости поршня 0,04 м/с с увеличением угла с  $4,5^\circ$  до  $6,5^\circ$  плотность лузги в блоке возрастает с 332 до 345 г/дм<sup>3</sup>; а при увеличении угла с  $6,5^\circ$  до  $8,5^\circ$  – возрастает с 345 до 356 г/дм<sup>3</sup>. В то же время при скорости поршня 0,06 м/с увеличение угла с  $4,5^\circ$  до  $6,5^\circ$  приводит к росту плотности соломы с 353 до 359 г/дм<sup>3</sup>, а при увеличении угла с  $6,5^\circ$  до  $8,5^\circ$  – возрастает с 359 до 360 г/дм<sup>3</sup>. Таким образом, с увеличением угла сужения камеры сжатия интенсивность роста плотности лузги в блоке снижается.

Плотность лузги подсолнечника в исследуемом диапазоне скоростей возрастает, однако изменение имеет более выраженный нелинейный характер с несколько меньшей интенсивностью. Например, при угле сужения камеры сжатия  $6,5^\circ$  увеличение скорости с 0,02 до 0,06 м/с приводит к росту плотности резки соломы с 345 до 359 г/дм<sup>3</sup>. В то же время увеличение скорости с 0,06 до 0,1 м/с приводит к росту плотности резки соломы с 359 до 395 г/дм<sup>3</sup>.

На лузге подсолнечника получают упругие, однородные блоки (рисунок 4.8). Материал однородный, что обеспечивает достаточно стабильный коэффициент вариации плотности по сечению блока, который не превышает 2 %.



Рисунок 4.8 – Субстратный блок, сформированный из лузги подсолнечника

Особенность физико-механических свойств лузги подсолнечника заключается в большей способности сжиматься под нагрузкой, поэтому для получения требуемой плотности необходим больший угол сужения камеры сжатия и большей скорости. На основании проведенных экспериментов с использованием лузги виден широкий диапазон возможного угла сжатия, рекомендуется использование от  $6^\circ$  до  $8,5^\circ$  (рисунок 4.9).

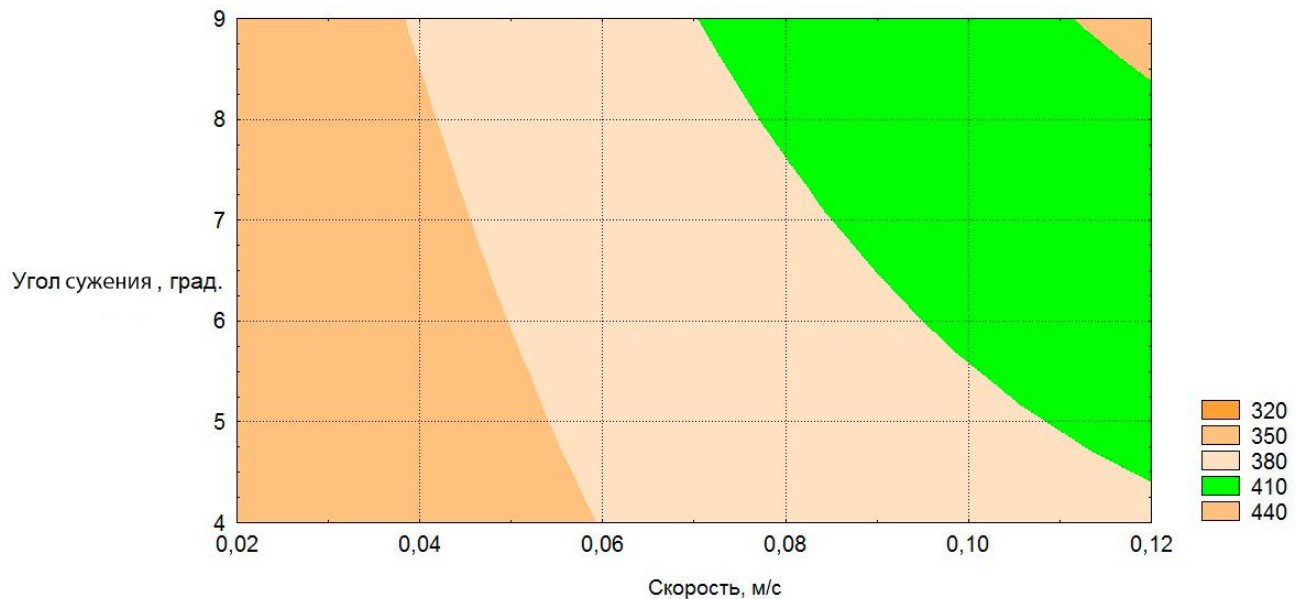


Рисунок 4.9 – Область значений угла сужения камеры сжатия (град.) и скорости перемещения поршня  $v$  (м/с) при использовании лузги подсолнечника

При этом при более высоких параметрах скорости движения поршня блок получается плотнее. Рекомендуемые значения скорости движения поршня – от 0,08 до 0,12 м/с.

### 4.3.3 Влияние угла сужения камеры сжатия пресса и скорости движения поршня на плотность получаемого блока при использовании древесной щепы как исходного сырья

Согласно программы проведены исследования, направленные на анализ влияния угла сужения камеры сжатия и скорости перемещения поршня на плотность субстратных блоков, изготовленных из древесной щепы, позволили разработать вероятностно-статистические уравнения, которые адекватно описывают полученные данные.

Уравнение регрессии, отражающее влияние угла сужения камеры сжатия и скорости поршня на плотность получаемых блоков из древесной щепы имеет следующий вид:

$$\rho = 2277,905 + 1833v - 682,486\alpha - 4000v^2 - 106v\alpha + 61,214\alpha^2. \quad (4.3)$$

Графически данное уравнение представлено на рисунке 4.10.

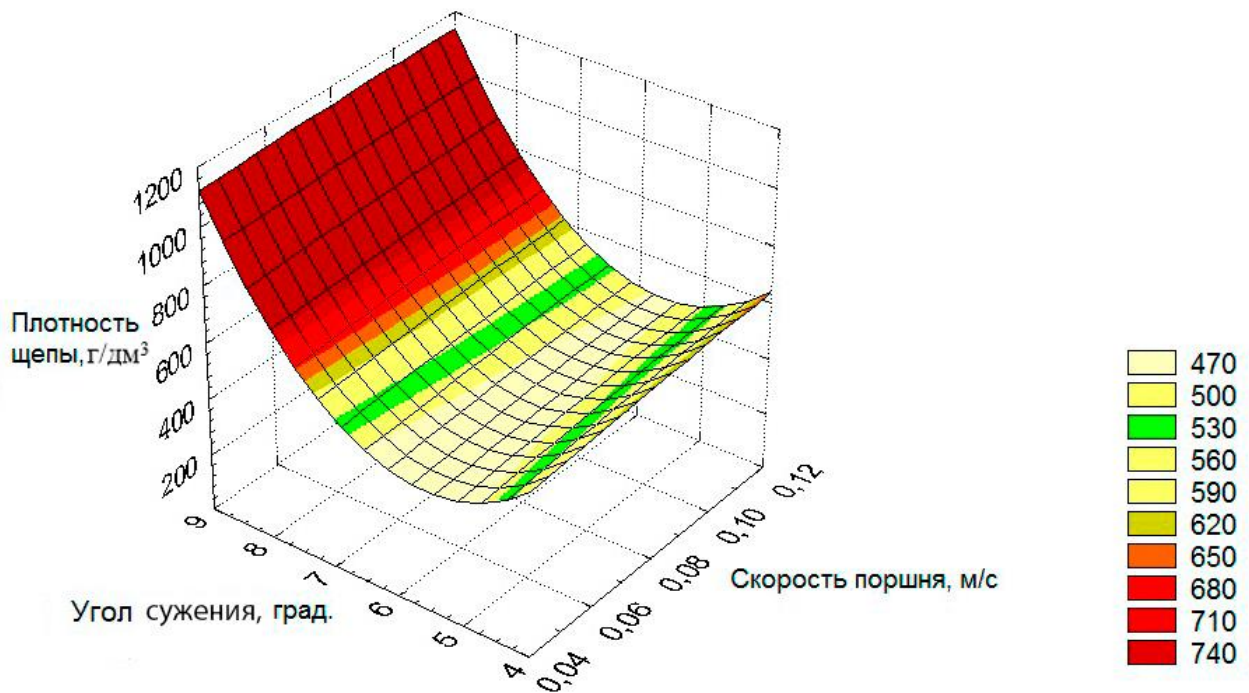


Рисунок 4.10 – Экспериментальная зависимость плотности субстратного блока, сформированного из древесной щепы, от угла сужения камеры сжатия (град.) и скорости перемещения поршня  $v$  (м/с)

Результаты эксперимента показывают значительное отличие характера полученной зависимости от зависимостей, полученных для резки соломы и лузги подсолнечника. Анализом уравнения регрессии и поверхности отклика установлено наличие минимума плотности от угла сужения камеры сжатия. Он соответствует  $6,5^\circ$ , плотность при этом составляет  $500\text{--}552$  г/дм<sup>3</sup> при всех значениях скорости поршня. Уменьшение или увеличение угла приводит к росту плотности щепы в формируемом блоке. Так, при угле  $4,5^\circ$  плотность составила  $461\text{--}502$  г/дм<sup>3</sup>, а при угле  $7,5^\circ$  –  $503\text{--}556$  г/дм<sup>3</sup>. При этом при угле более  $8^\circ$  плотность резко возрастает (более  $700$  г/дм<sup>3</sup>). Щепа при самом большом значении угла уплотнилась



до такой степени, что не смогла пройти область фильеры, так как произошло ее заклинивание и усилия на поршне не хватило для проталкивания блока. Также анализ показывает, что увеличение скорости увеличивает плотность формируемого субстратного блока из щепы, однако относительная величина этого увеличения значительно меньше в сравнении с резкой соломы и лузгой подсолнечника.

При использовании щепы получаются самые плотные блоки, так как щепа мало сжимаемый материал (рисунок 4.11).



Рисунок 4.11 – Субстратный блок, сформированный из древесной щепы

Оптимальная для выращивания грибов плотность древесной щепы в блоках составляет  $520\text{--}540\text{ г/дм}^3$ . Такое значение достигается при угле сужения камеры сжатия  $4,5^\circ$  или  $6,5^\circ$  и рекомендуемой скорости в среднем диапазоне от  $0,06$  до  $0,1\text{ м/с}$  (рисунок 4.12). Коэффициент вариации плотности составляет  $3,5\%$ .

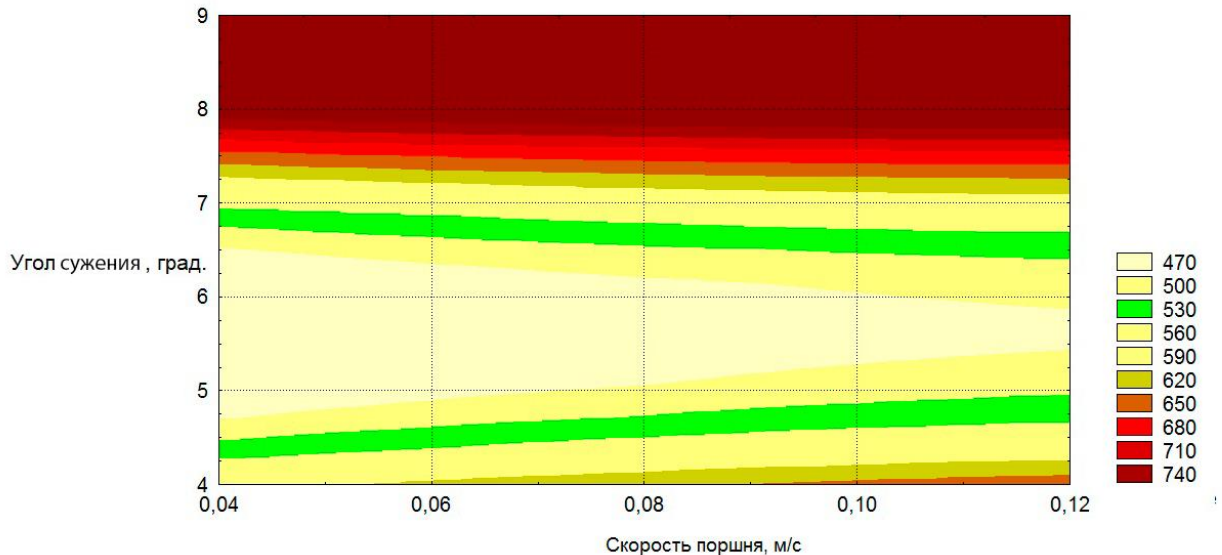


Рисунок 4.12 – Область рекомендуемых значений угла сужения камеры сжатия (град.) и скорости перемещения поршня  $v$  (м/с) при использовании древесной щепы (выделено зеленым цветом)

Таким образом, в результате проведения первого блока двухфакторных экспериментов получены зависимости исследуемых параметров – угла сужения камеры сжатия и скорости перемещения поршня – на плотность формируемого субстратного блока из резки соломы, лузги подсолнечника, древесной щепы. Установлены значения, при которых достигается оптимальная для выращивания грибов плотность субстратного блока.

#### 4.4 Влияние угла сужения камеры сжатия пресса и скорости движения поршня на усилие, приложенное к поршню

В ходе исследований, посвященных влиянию угла сужения камеры сжатия гидравлического пресса и скорости движения гидроцилиндра с поршнем на усилие, приложенное к поршню, была проведена серия экспериментов с использованием различных видов сырья.

Угол сужения камеры сжатия представляет собой важный параметр, определяющий нагрузку, действующую на субстрат при прохождении через камеру сжатия. В процессе экспериментов варьировались значения угла сужения камеры сжатия и скорости движения поршня с целью оценки влияния этих параметров на усилие, прикладываемое к поршню, т.е. усилие прессования.



Эти исследования направлены на выявление оптимальных условий работы оборудования, что позволяет выбрать оптимальные параметры, для проектирования и модернизации оборудования, надежной и эффективной работы устройства. Полученные данные могут быть использованы для дальнейшего совершенствования конструкции пресса и оптимизации производственных процессов, обеспечивая более высокую надежность и производительность машины.

#### **4.4.1 Влияние угла сужения камеры сжатия пресса и скорости движения поршня на усилие на поршне при использовании резки соломы как исходного сырья**

Исследования влияния на усилие на поршне при формировании субстратных блоков угла сужения камеры сжатия и скорости перемещения поршня при использовании резки соломы также проводились в виде двухфакторного эксперимента и позволили получить вероятностно-статистические уравнения, описывающие полученные результаты.

Проведенный анализ позволил выявить взаимосвязь между исследуемыми параметрами и усилием на поршне. Усилие на поршне определяет энергетические затраты при работе пресса и также влияет на общую эффективность процесса получения субстратных блоков. Уравнение регрессии, описывающее влияние угла сужения камеры сжатия и скорости движения поршня на усилие воздействия поршня на субстрат, имеет следующий вид:

$$F = 15,824 - 44,046 v - 5,968\alpha - 146,429 v^2 + 2,95v\alpha + 0,88\alpha^2 . \quad (4.4)$$

Графически зависимость усилия при формировании субстратных блоков, основанных на соломенной резке, от вышеуказанных факторов представлена на рисунке 4.13. Анализ полученной вероятностно-статистической модели и ее графической интерпретации показывает, что плотность начинает возрастать с увеличением скорости и угла сужения камеры сжатия.

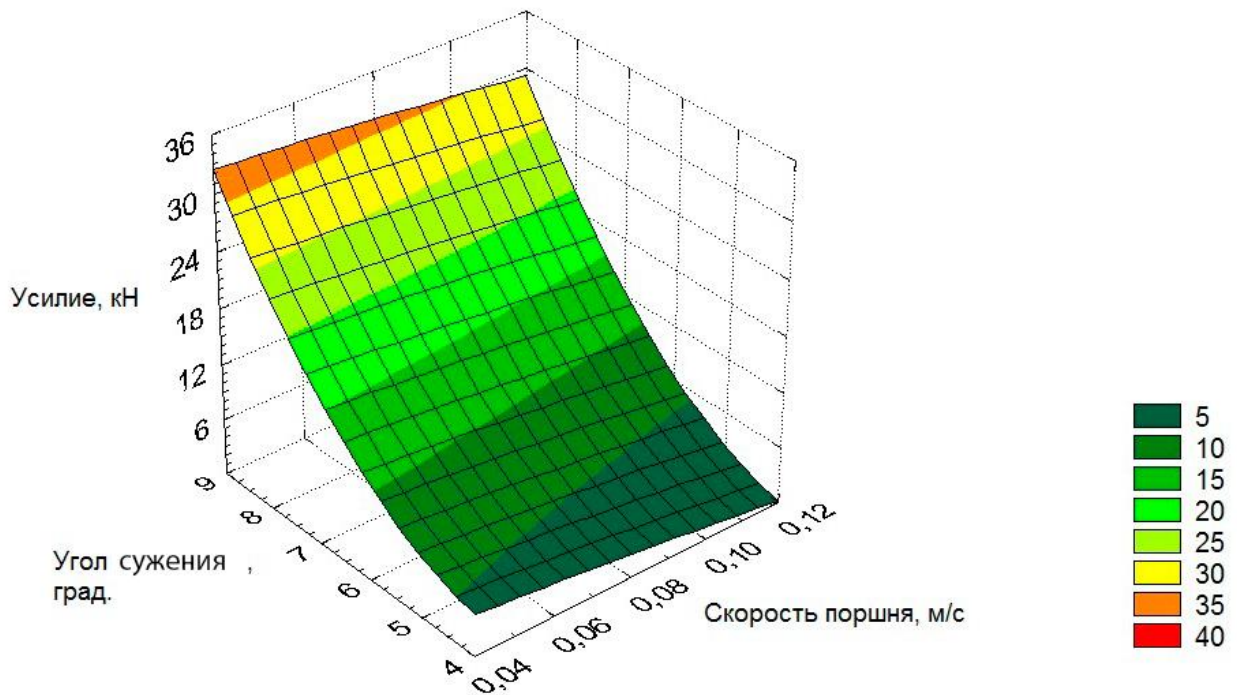


Рисунок 4.13 – Экспериментальная зависимость усилия на поршне при формировании субстратного блока из резки соломы от угла сужения камеры сжатия (град.) и скорости (м/с)

Анализ показывает нелинейный характер зависимости по обоим исследуемым параметрам, поскольку интенсивность изменения различная. При этом с увеличением сужения камеры сжатия усилие на поршне параболически возрастает. Так, при скорости поршня 0,06 м/с увеличение угла с 4,5° до 6,5° приводит к росту усилия с 3 до 9 кН, а увеличение угла с 6,5° до 8,5° приводит к росту усилия с 9 до 24,9 кН. Аналогично усилие возрастает и при других значениях скорости поршня.

Увеличение скорости для резки соломы приводит к снижению усилия на поршне. Например, при угле сужения камеры сжатия 6,5° увеличение скорости с 0,04 до 0,06 м/с вызывает снижение усилия на поршне с 12,6 до 11,4 кН, а дальнейшее увеличение скорости с 0,08 до 0,1 м/с приводит к снижению усилия с 10,5 до 7 кН.

Анализ уравнения регрессии и поверхности отклика на рисунке 4.13 позволяет обосновать величину усилия на поршне при рекомендуемых значениях исследуемых факторов по плотности. Для угла сужения камеры сжатия, равном 7,5°...8,5°, и средней скорости движения поршня 0,04–0,06 м/с величина усилия составит 20,0–24,9 кН (рисунок 4.14).

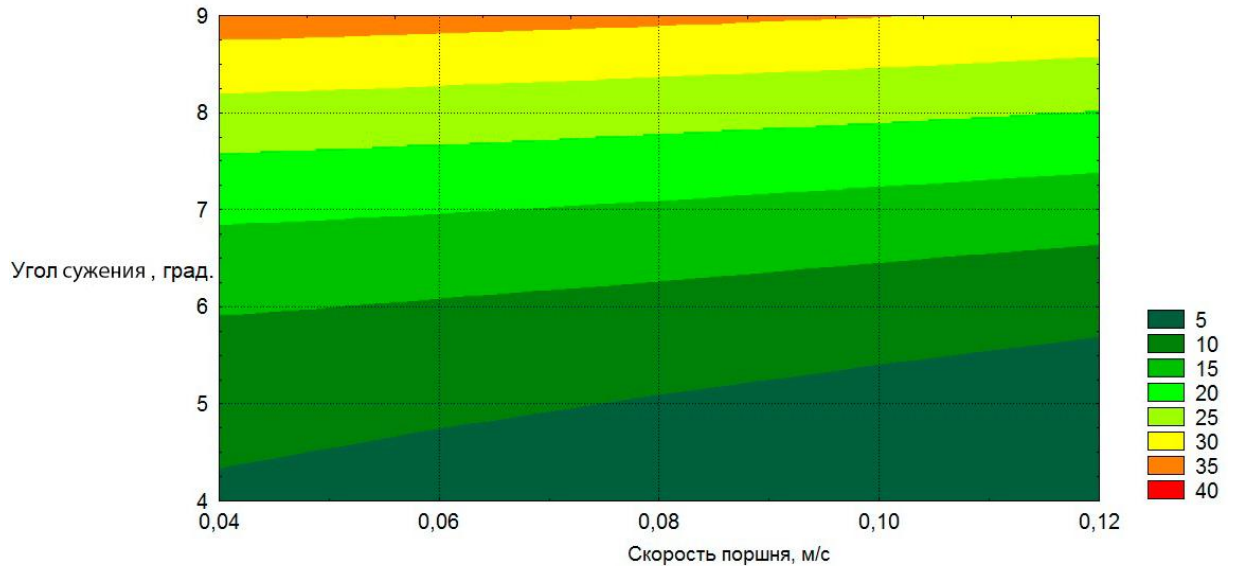


Рисунок 4.14 – Область значений угла сужения камеры сжатия (град.) и скорости перемещения поршня  $v$  (м/с) при использовании резки соломы

Характер изменения усилия на поршне от его скорости связан с тем, что при малых скоростях имеет место трение близкое к трению покоя, а при больших скоростях – трения движения. Поскольку коэффициент трения покоя выше коэффициента трения движения, то и усилие при малых скоростях выше. От угла сужения камеры сжатия характер изменения усилия определяется тем, что увеличение плотности усиливает давление на стенки камеры, что увеличивает силу трения. Кроме того, при больших углах усиливается сопротивление деформации сжатия из-за уплотнения резки соломы в формируемом блоке, что также увеличивает усилие на поршне.

Исследования усилия на поршне предлагаемого пресса представлены на рисунке 4.15.



Рисунок 4.15 – Фрагмент исследований гидравлического поршневого пресса с использованием резки соломы

#### 4.4.2 Влияние угла сужения камеры сжатия прессы и скорости движения поршня на усилие на поршне при использовании лузги подсолнечника в качестве исходного сырья

Исследования влияния угла сужения камеры сжатия и скорости перемещения поршня на усилие при формировании субстратных блоков с использованием лузги подсолнечника были также проведены в рамках двухфакторного эксперимента. В результате удалось получить вероятностно-статистические уравнения, описывающие полученные данные. Полученное уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$F = -2,775 + 135,054 v - 3,786 \alpha - 471,428 v^2 + 3,35 v \alpha + 0,776 \alpha^2 . \quad (4.5)$$

Графически зависимость усилия при формировании субстратных блоков, сформированных на лузге подсолнечника, от вышеуказанных факторов представлена на рисунке 4.16. Анализ вероятностно-статистической модели и её графической интерпретации показывает, что с увеличением скорости перемещения поршня и угла сужения камеры сжатия усилие, необходимое для формирования субстратных блоков, возрастает.

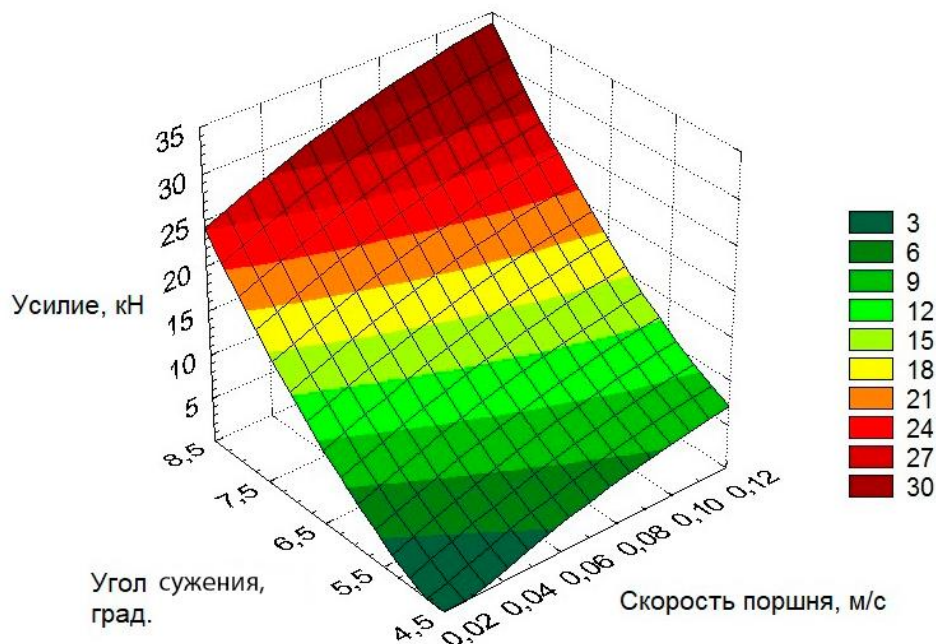


Рисунок 4.16 – Экспериментальная зависимость усилия на поршне при формировании субстратного блока из лузги подсолнечника от угла сужения камеры сжатия (град.) и скорости (м/с)



Анализ демонстрирует нелинейный характер зависимости по обоим исследуемым параметрам, так как интенсивность изменения усилия варьируется в зависимости от скорости перемещения поршня и угла сужения камеры сжатия. С увеличением угла сужения камеры сжатия усилие на поршне возрастает по параболической зависимости. Например, при скорости перемещения поршня 0,06 м/с увеличение угла с  $4,5^\circ$  до  $6,5^\circ$  приводит к росту усилия с 3,3 до 11,2 кН, а при дальнейшем увеличении угла с  $6,5^\circ$  до  $8,5^\circ$  усилие возрастает до 29,8 кН.

Увеличение скорости движения поршня при использовании лузги подсолнечника приводит к увеличению усилия на поршне, если значение угла сужения камеры сжатия имеет большое значение и приводит к уменьшению усилия при средних значениях угла. Например, при угле сужения камеры сжатия  $6,5^\circ$  увеличение скорости с 0,04 до 0,06 м/с вызывает снижение усилия на поршне с 12,6 до 11,4 кН, а дальнейшее увеличение скорости с 0,06 до 0,1 м/с приводит к снижению усилия с 11,4 до 7,0 кН. А при угле сжатия  $8,5^\circ$  происходит незначительное увеличение усилия на поршне. Так, при значении угла сужения  $8,5^\circ$  при увеличении скорости с 0,04 до 0,06 м/с усилие увеличивается с 24,5 до 24,9 кН, а дальнейшее увеличение скорости с 0,06 до 0,1 м/с приводит к увеличению усилия с 24,9 до 28 кН.

На рисунке 4.17 показано проведение эксперимента с использованием лузги подсолнечника в качестве исходного сырья.



Рисунок 4.17 – Проведение эксперимента с лузгой подсолнечника

Анализ уравнения регрессии и поверхности отклика (рисунок 4.18) позволяет обосновать величину усилия на поршне при рекомендуемых значениях исследуемых факторов по усилию. Для угла сужения камеры сжатия, равном  $7,5^{\circ} \dots 8,5^{\circ}$  и средней скорости движения поршня  $0,04-0,06$  м/с величина усилия составит  $20,1-29,8$  кН.

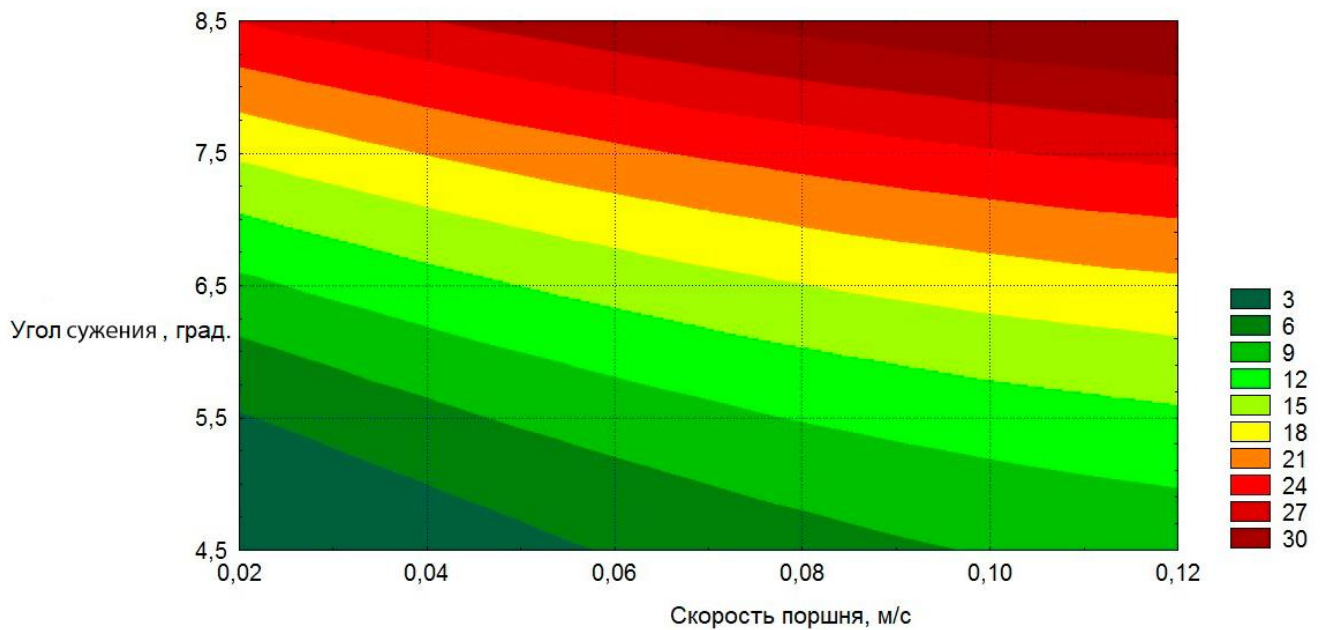


Рисунок 4.18 – Область значений угла сужения камеры сжатия (град.) и скорости перемещения поршня  $v$  (м/с) при использовании лузги подсолнечника

Изменение усилия на поршне в зависимости от его скорости обусловлено тем, что на малых скоростях преобладает трение, приближенное к трению покоя, в то время как на более высоких скоростях начинает преобладать трение скольжения. При высоком значении угла сужения происходит увеличение трения об стенку, что приводит к увеличению усилия на поршне.

#### 4.4.3 Влияние угла сужения камеры пресса и скорости движения поршня на усилие на поршне при использовании древесной щепы как исходного сырья

Исследование влияния угла сужения камеры сжатия и скорости перемещения поршня на усилие, возникающее при формировании субстратных блоков из древесной щепы, было выполнено в рамках двухфакторного эксперимента. В ходе эксперимента были получены вероятностно-статистические уравнения, которые описывают результаты. Уравнение регрессии, описывающее данные зависимости, представлено следующим образом:

$$F = 176,696 + 267,489v - 60,286\alpha + 739,286v^2 - 30,75v\alpha + 5,874\alpha^2. \quad (4.6)$$

Графическое представление зависимости усилия, возникающего при формировании субстратных блоков на основе древесной щепы, от вышеуказанных параметров показано на рисунке 4.19. Анализ вероятностно-статистической модели и её визуальной интерпретации свидетельствует о том, что с ростом скорости перемещения поршня и увеличением угла сужения камеры сжатия усилие также увеличивается. В случае применения щепы как основного компонента усилие значительно увеличивается.

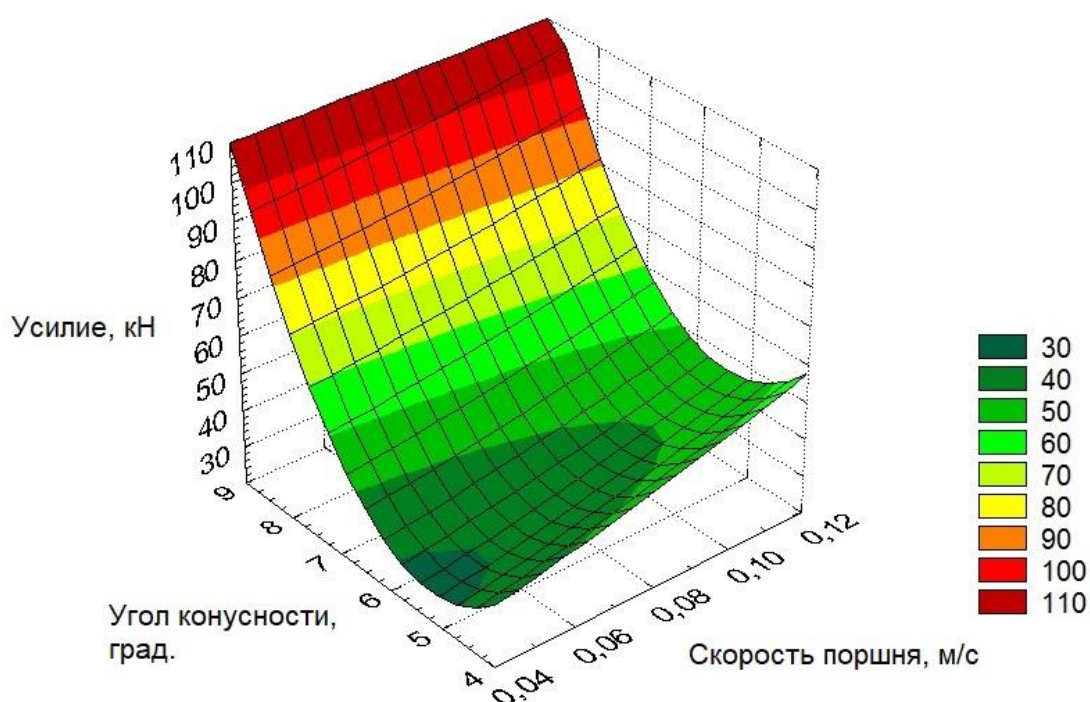


Рисунок 4.19 – Экспериментальная зависимость усилия на поршне от угла сужения камеры сжатия (град.) и скорости (м/с) при формировании субстратного блока из древесной щепы

Анализ показывает, что зависимость усилия на поршне от скорости его перемещения и угла сужения камеры сжатия носит нелинейный характер. При этом для усилия по углу сужения камеры сжатия имеет место экстремум функции. С увеличением угла сужения камеры сжатия усилие на поршне сначала (при угле  $4,0^\circ \dots 5,5^\circ$ ) снижается достигает минимального значения, а затем возрастает по параболической кривой и при значении угла  $8,5^\circ$  выходит из пределов измеряемых значений. Так, при скорости перемещения поршня  $0,06$  м/с увеличение угла с  $4,5^\circ$  до  $6,5^\circ$  приводит

к росту усилия с 32 до 43,2 кН, а при дальнейшем увеличении угла с  $6,5^\circ$  до  $7,5^\circ$  усилие увеличивается от 43,2 до 46 кН, при значении угла  $8,5^\circ$  древесная щепа не проходит через камеру сжатия и усилие становится максимальным.

Увеличение скорости для древесной щепы приводит к увеличению усилия на поршне. Например, при угле сужения камеры сжатия  $6,5^\circ$  увеличение скорости с 0,04 до 0,06 м/с вызывает увеличение усилия на поршне с 37 до 43,2 кН, а дальнейшее увеличение скорости с 0,06 до 0,1 м/с приводит к снижению усилия с 43,2 до 59 кН.

Анализ уравнения регрессии и поверхности отклика на рисунке 4.20 позволяет обосновать величину усилия на поршне при рекомендуемых значениях исследуемых факторов по усилию на поршне. Рекомендуемое значение угла сужения камеры сжатия –  $5,5^\circ$  или  $6,5^\circ$ , рекомендуемая скорость – в среднем диапазоне от 0,06 до 0,1 м/с.

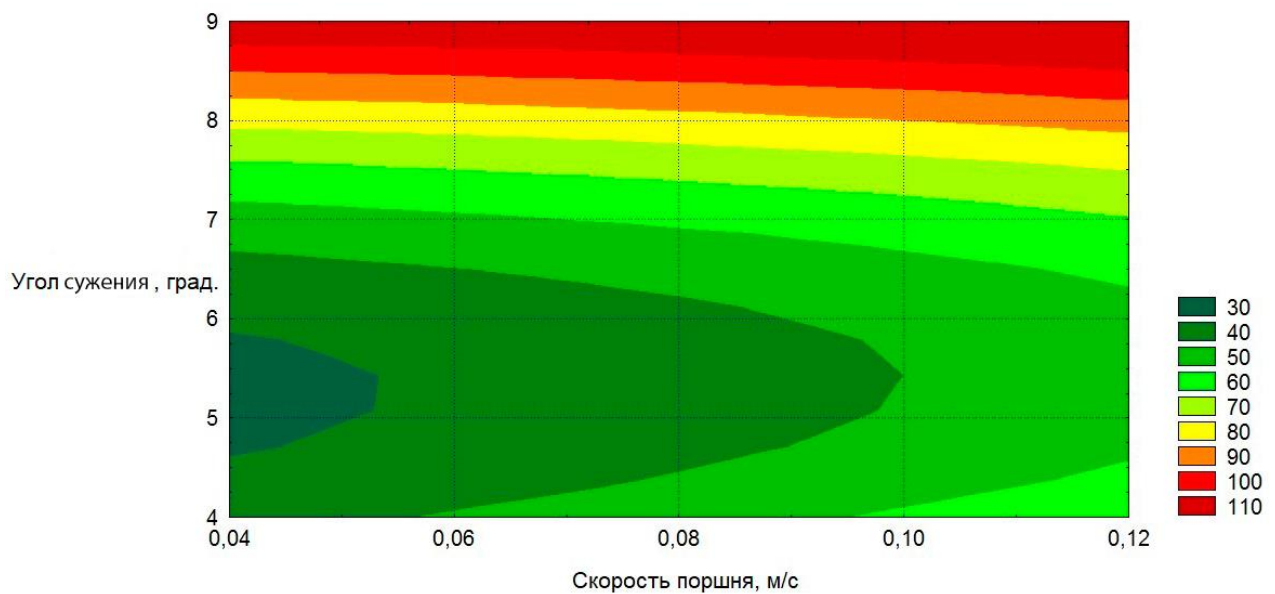


Рисунок 4.20 – Область значений угла сужения камеры сжатия (град.) и скорости перемещения поршня  $v$  (м/с) при использовании древесной щепы

Изменение усилия на поршне при использовании щепы имеет самые большие значения. Это связано с тем, что щепа сжимается в значительно меньшей степени, чем другие материалы, а также имеет высокие значения коэффициента трения. Используя щепу, важно использовать скорость в среднем диапазоне, потому что при низкой скорости сильное влияние оказывает трение покоя, а при высокой – трение о стенки камеры сжатия и большое усилие для сжатия щепы.



Таким образом, в результате проведенных экспериментальных исследований получены уравнения регрессии и графические зависимости, связывающие исследуемые параметры и критерии оптимизации для трех наиболее применимых в грибоводстве исходных материалов – резки соломы, лузги подсолнечника и древесной щепы. Анализ результатов позволяет обосновать рациональные значения исследуемых факторов.

#### 4.4 Исследование производительности предлагаемого поршневого пресса

Проведены исследования производительности процесса прессования с применением предложенного поршневого пресса с гидравлическим приводом. Исследования проведены также на трех типах исходных материалов для формирования субстратных блоков – резка соломы, лузга подсолнечника и древесная щепа.

Влияние исследуемых факторов – скорости движения поршня и угла сужения стенок камеры прессования – на производительность формирования субстратных блоков из резки соломы представлено на рисунке 4.21.

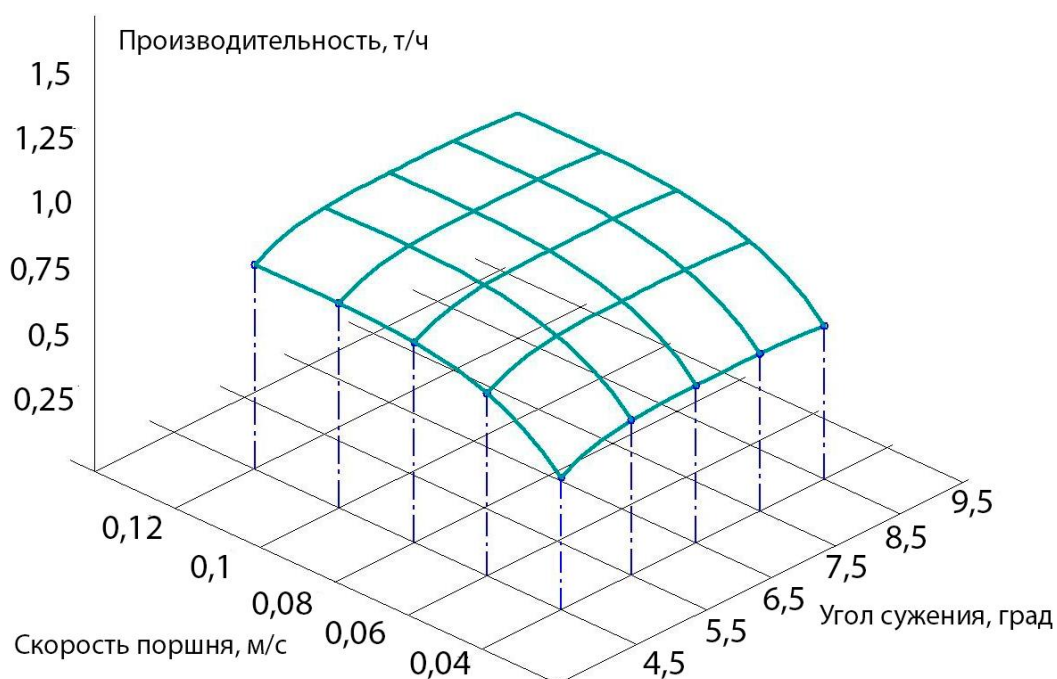


Рисунок 4.21 – Влияние скорости движения поршня и угла сужения стенок камеры прессования на производительность формирования субстратных блоков из резки соломы

Анализ полученной зависимости (см. рисунок 4.21) показывает, что при начальных значениях как скорости движения поршня, так и угла сужения с их увеличением производительность возрастает. Однако далее рост производительности прекращается, и она не меняется, несмотря на увеличение исследуемых факторов. Наибольшая производительность 0,95 т/ч при использовании в качестве исходного материала резки соломы достигается при скорости 0,08 м/с и более и угле сужения  $7,5^\circ$ .

Проведенные исследования производительности при использовании лузги подсолнечника показывают, что характер зависимости аналогичен зависимости, полученной при использовании резки соломы. Производительность с увеличением исследуемых факторов сначала возрастает, а затем стабилизируется (рисунок 4.22).

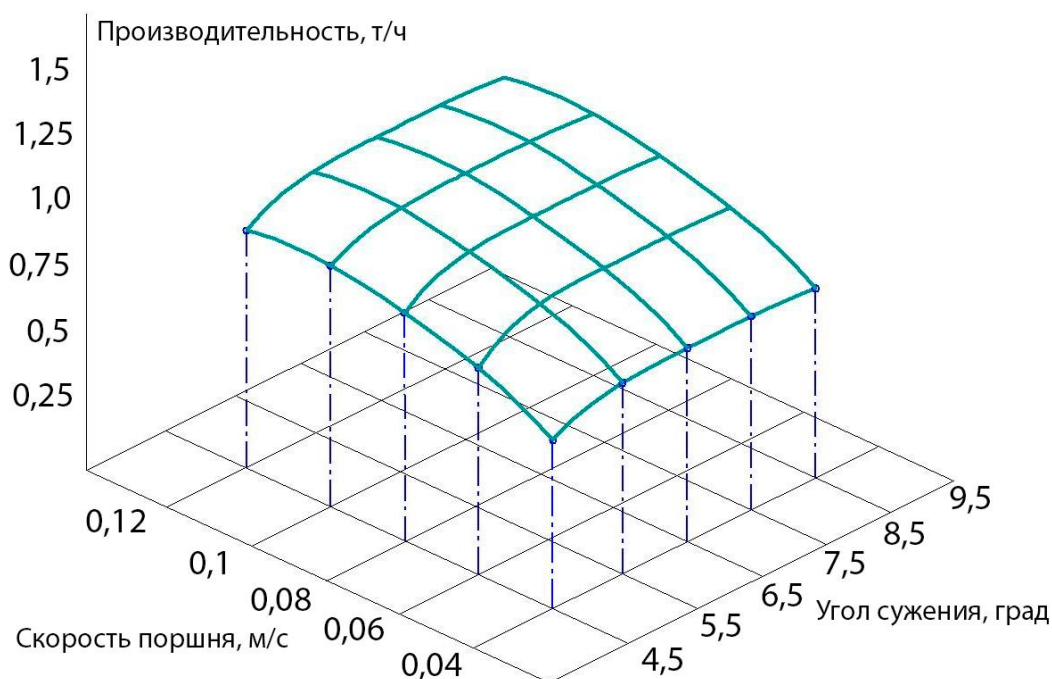


Рисунок 4.22 – Влияние скорости движения поршня и угла сужения стенок камеры прессования на производительность формирования субстратных блоков из лузги подсолнечника

Наибольшая производительность 1,06 т/ч при использовании в качестве исходного материала лузги подсолнечника достигается при скорости 0,1 м/с и угле сужения  $6,5^\circ$ . Далее с увеличением обоих факторов производительность практически не меняется.

Такой характер изменения производительности связан в основном с особенностями технологического процесса изготовления субстратных блоков. Произво-

дительность предлагаемого поршневого пресса возрастает по сравнению с существующими конструкциями за счет сокращения технологических операций и сокращения времени приготовления. Скорость движения поршня влияет на одну из операций – на процесс прессования. При достижении определенного максимального значения влияние скорости на сокращение времени уменьшается.

При использовании в качестве исходного материала древесной щепы характер производительности существенно меняется. Зависимость имеет максимум по обоим исследуемым факторам (рисунок 4.23).

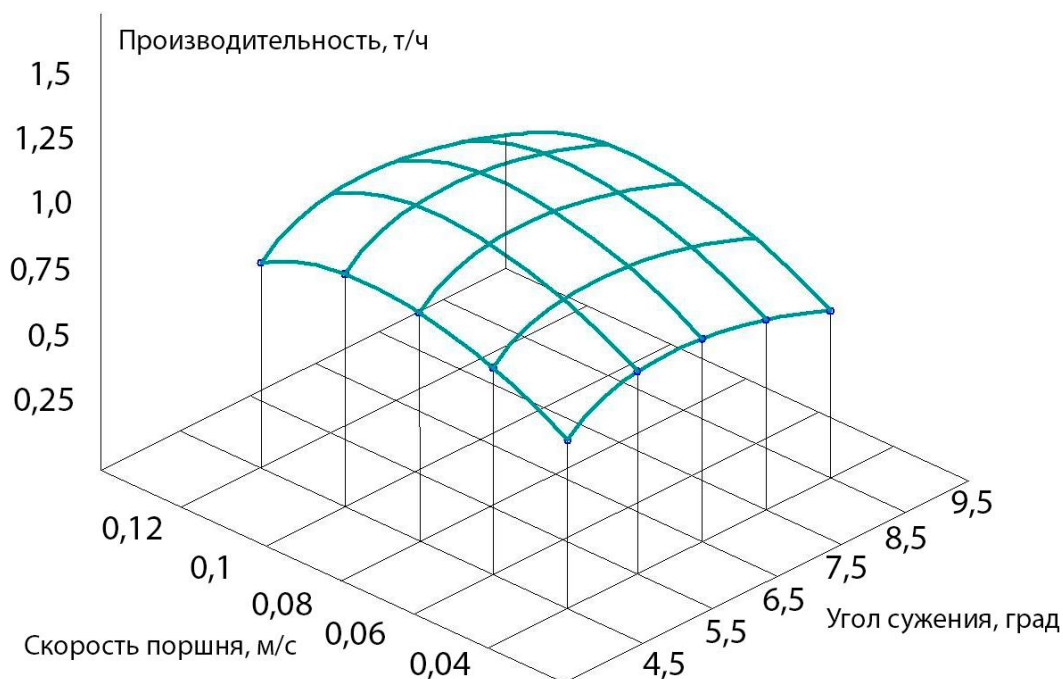


Рисунок 4.23 – Влияние скорости движения поршня и угла сужения стенок камеры прессования на производительность формирования субстратных блоков из древесной щепы

Максимальная производительность 0,86 т/ч достигается при скорости движения поршня 0,09 м/с и угле сужения стенок камеры прессования 6°. Уменьшение или увеличение исследуемых факторов от указанных значений приводит к снижению производительности. Такая зависимость объясняется особенностями физико-механических свойств древесной щепы по сравнению с соломой и лузгой. Щепа сжимается в гораздо меньшей степени, создавая увеличенное давление на стенки камеры сжатия. Поэтому рост скорости или угла сужения стенок больше указанных значений снижает производительность из-за торможения блока на выходе из камеры и значительного роста усилия на поршне.

Проведенные исследования позволили установить характер зависимости и значения исследуемых факторов, при которых производительность имеет максимальное значения.

#### 4.5 Сходимость результатов теоретических и экспериментальных исследований

Проведены исследования производительности процесса прессования с применением предложенного поршневого пресса с гидравлическим приводом. Исследования проведены также на трех типах исходных материалов для формирования субстратных блоков – резки соломы, лузги подсолнечника и древесной щепы.

В диссертации проведена оценка сходимости теоретических и экспериментальных исследований для подтверждения их достоверности. Результаты обоснования параметров и величина критериев оптимизации, определенные по аналитическим выражениям и уравнениям регрессии, имеют расхождение по усилию прессования 2,5 %; по производительности – 3,9 %. [45].

На рисунках 4.24 и 4.25 приведены графические зависимости усилия на поршне и производительности при различной скорости движения поршня и различном угле сужения камеры сжатия.

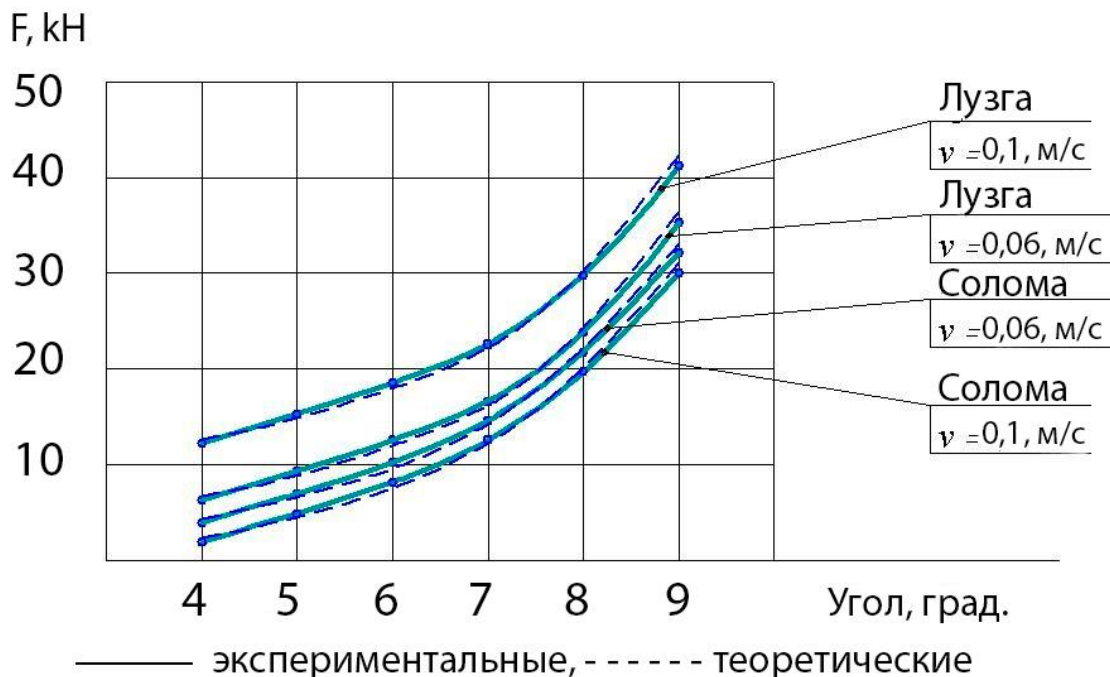


Рисунок 4.24 – Сходимость результатов теоретических и экспериментальных исследований усилия на поршне



Рисунок 4.25 – Сходимость результатов теоретических и экспериментальных исследований производительности поршневого пресса

Анализ полученных зависимостей подтверждает установленный характер изменения указанных критериев оптимизации от исследуемых факторов. Области рациональных и оптимальных значений практически совпадают. Сравнение теоретических значений, полученных по выражениям главы 2, и экспериментальных значений, показывает сходимость результатов во всем исследуемом диапазоне.

#### 4.6 Выводы по главе

1. Исследованы физико-механические свойства сырья, а также составлена таблица значений, которые характеризуют основные виды сырья, применяемого для формирования субстратных блоков. Солома наиболее упругий материал, имеет наименьшую насыпную плотность – 230 г/дм<sup>3</sup>. Древесная щепа с насыпной плотностью 350 г/дм<sup>3</sup> – наиболее плотный и менее упругий материал. Наибольшей величиной относительного уплотнения также обладает солома, а наименьшей – древесная щепа. Лузга подсолнечника имеет средние значения плотности. Также древесная щепа обладает наибольшим из исследуемых материалов коэффициентом трения и сопротивлением деформациям сжатия – 0,15 кПа и сдвига – 0,12 кПа; резка соломы – 0,06 и 0,09 соответственно.

2. В результате проведения экспериментальных исследований установлены зависимости плотности формируемых субстратных блоков, усилия на поршне пресса в зависимости от исследуемых факторов – угла сужения камеры сжатия и скорости поршня.

3. Установлены рациональные значения исследуемых факторов, при которых плотность формируемого субстратного блока соответствует требованиям технологии выращивания грибов: для резки соломы угол камеры сжатия  $7,5^{\circ} \dots 8,5^{\circ}$ , скорость движения поршня 0,04–0,06 м/с; для лузги подсолнечника – угол от  $6,0^{\circ}$  до  $8,5^{\circ}$ , скорость поршня – от 0,08 до 0,12 м/с; для древесной щепы – угол сужения камеры сжатия  $4,5^{\circ} \dots 6,5^{\circ}$  и скорость в диапазоне от 0,06 до 0,1 м/с.

4. Анализ полученных уравнений регрессии и поверхностей отклика позволяет обосновать величину усилия на поршне при рекомендуемых значениях исследуемых факторов по плотности. При исходном сырье – резка соломы для угла сужения камеры сжатия, равном  $7,5^{\circ} \dots 8,5^{\circ}$  и скорости движения поршня 0,04–0,06 м/с величина усилия составит 20,0–24,9 кН; при исходном сырье – лузга подсолнечника для угла сужения камеры сжатия  $7,5^{\circ} \dots 8,5^{\circ}$  и средней скорости движения поршня 0,04–0,06 м/с величина усилия составит 20,1–29,8 кН; при исходном сырье – древесная щепа при значении угла сужения камеры сжатия  $5,5^{\circ} \dots 6,5^{\circ}$  и рекомендуемой скорости в среднем диапазоне от 0,06 до 0,1 м/с усилие составит 39,0–46,7 кН.



## 5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

### 5.1 Производственные испытания машины для формирования субстратных блоков

Производственные испытания машины для формирования субстратных блоков проводились в ООО «Дерли» Пензенской области (рисунок 5.1). Основные задачи испытаний заключались в подтверждении эффективности разработанной конструктивно-технологической схемы, проверке достоверности теоретических предпосылок, установлении оптимальных режимов работы машины для различных видов сырья и определении технико-экономических показателей данной машины.



Рисунок 5.1 – Производственные испытания машины  
для формирования субстратных блоков

Исследование характеристик получаемых субстратных блоков проводили в соответствии с методикой, подробно изложенной в главе 3. Результаты проведенного исследования были зафиксированы и проанализированы, что обеспечивало возможность сопоставления полученных данных с теоретическими данными. Такой подход обеспечивает объективность и воспроизводимость результатов, что является необходимым условием для дальнейшей оптимизации процесса формирования субстратных блоков.



## 5.2 Расчет технико-экономической эффективности

Технико-экономическая эффективность выращивания грибов играет ключевую роль в определении успешности и устойчивости производственного процесса. Она оценивается с учетом множества факторов, от затрат на оборудование и сырье до выручки от реализации грибной продукции.

Первым шагом в расчете технико-экономической эффективности является определение инвестиционных затрат, необходимых для запуска и поддержания грибоводческого хозяйства. Это включает в себя приобретение климатических камер, оборудования для производства субстрата, системы автоматизации и контроля, а также расходы на подготовку помещений и начальную закупку сырья.

Далее проводится оценка операционных расходов, таких как затраты на электроэнергию, воду, обслуживание оборудования, заработную плату персонала и расходные материалы. Эффективность производственных процессов, например, использование эффективной технологии и оптимизация расхода на производство субстратов, играют важную роль в снижении операционных издержек.

Следующим этапом является прогнозирование выручки от реализации грибной продукции. Это включает оценку среднегодового объема продаж, ценовую политику и учет рыночных тенденций. Важно также учитывать сезонные колебания спроса и возможные факторы риска, которые могут повлиять на рыночные условия.

Финальным этапом анализа является расчет ожидаемой прибыли и окупаемости инвестиций. Это позволяет оценить период времени, необходимый для возврата инвестиций, и выработать стратегии для повышения рентабельности производства грибов.

Все эти шаги вместе составляют комплексный подход к оценке технико-экономической эффективности грибоводства, обеспечивая основу для принятия обоснованных управленческих решений и успешного развития предприятия в долгосрочной перспективе. В ООО «Дерли» было успешно внедрено новое оборудование – гидравлический пресс для производства субстратных блоков. Это решение было принято на основе экспериментальных и теоретических исследо-

ваний, направленных на улучшение качества субстратных блоков с помощью получения оптимальной плотности и производительности устройства. Ранее использовавшийся шнековый формировщик не обеспечивал необходимой плотности и требовал больших затрат на ручной труд.

Расчет экономической эффективности внедрения гидравлического пресса был выполнен с учетом снижения затрат на труд при переноске и формировании блоков. Новое оборудование позволяет значительно сократить количество операций благодаря возможности создавать один блок оптимального размера, в отличие от нескольких блоков на шнековом прессе. Кроме того, стоимость гидравлического пресса оказалась ниже по сравнению с совокупной стоимостью шнекового пресса и затрат на ручной труд.

Ожидаемая экономическая выгода от использования нового оборудования была оценена в соответствии с утвержденной методикой, что подтверждает целесообразность его внедрения в производственные процессы ООО «Дерли».

Годовая нормативная загрузка определяется, исходя из годового объема работ  $B$  и производительности машины  $\Pi$ . При использовании укладчиков на одном и том же предприятии, объем работ одинаков:

$$T_{\text{н}} = \frac{B}{\Pi}. \quad (5.1)$$

Затраты труда  $H$  изменяются в зависимости от производительности агрегата и рассчитываются по формуле:

$$H = \frac{L}{\Pi}, \quad (5.2)$$

где  $L$  – обслуживающий персонал, чел.

Издержки по заработной плате  $Z_{\text{в}}$  варьируются в зависимости от тарифной ставки оператора  $Z_{\text{ч}}$ , количества операторов  $L$ , производительности агрегата  $\Pi$  и определяются по формуле:

$$Z_{\text{в}} = \frac{LZ_{\text{ч}}}{\Pi}. \quad (5.3)$$

Амортизационные отчисления на гидравлический формовщик субстратных блоков и отчисление на техническое обслуживание рассчитываются по выражению:

$$A_{\text{ТО}} = \frac{Ca}{100B}, \quad (5.4)$$

где  $a$  – норма амортизационных отчислений, а также отчислений на ТО.

Накладные затраты на процесс  $H_{\text{п}}$  (руб./т):

$$H_{\text{п}} = 0,5(Z_{\text{в}} + A_{\text{ТО}}). \quad (5.5)$$

Прямые затраты  $\Pi_3$  определяются суммой затрат на заработную плату, стоимость энергозатрат и амортизационные отчисления:

$$\Pi_3 = Z_{\text{в}} + A_{\text{ТО}} + H_{\text{п}}. \quad (5.6)$$

Снижение прямых затрат:

$$\frac{\Pi_{3_1} - \Pi_{3_2}}{\Pi_{3_1}} \cdot 100 \%. \quad (5.7)$$

Приведенные капиталовложения:

$$\Pi_{\text{кв}} = \frac{CE_{\text{н}}}{\text{ВП}}, \quad (5.8)$$

где  $E_{\text{н}}$  – коэффициент эффективности капиталовложений,  $E_{\text{н}} = 0,15$ .

Приведенные затраты  $\Pi_{\text{пр}}$  определяют как сумму капиталовложений  $\Pi_{\text{кв}}$  и прямых затрат  $\Pi_3$ :

$$\Pi_{\text{пр}} = \Pi_{\text{кв}} + \Pi_3. \quad (5.9)$$

Снижение приведенных затрат:

$$\frac{\Pi_{\text{пр}_1} - \Pi_{\text{пр}_2}}{\Pi_{\text{пр}_1}} \cdot 100 \%. \quad (5.10)$$

Ожидаемый годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_r = (\Pi_{\text{пр}_1} - \Pi_{\text{пр}_2})B. \quad (5.11)$$

Срок окупаемости дополнительных капиталовложений  $T_{\text{ок}}$ :

$$T_{\text{ок}} = \frac{C}{\mathcal{E}_r}. \quad (5.12)$$

Результаты расчетов по предлагаемому комбинированному укладчику, а также по базовым вариантам на основе существующей технологии представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Расчет экономической эффективности машины для формирования субстратных блоков

Экономический параметр	Обозначение	Гидравлический пресс	Шнековый пресс
Балансовая стоимость, руб.	$C$	414568	645751
Производительность в 1 ч чистого времени, т/ч	$\Pi$	0,75	0,42
Годовая нормативная загрузка, ч	$T_{\text{п}}$	640	1440
Годовой объем работ, т	$B$	480	480
Обслуживающий персонал, чел.	$L$	2	2
Затраты труда, чел./т	$H$	0,266	0,476
Снижение трудоемкости, %		78,9	
Часовая тарифная ставка, руб.	$З_{\text{ч}}$	200	200
Издержки по зарплате, руб./т	$З_{\text{в}}$	533	952
Расход электроэнергии, кВт·ч	$Q_{\text{ч}}$	4	3
Стоимость электроэнергии, руб.	$\text{Ц}_{\text{э}}$	7,6	7,6
Удельные затраты электроэнергии на 1 т субстрата, руб.	$P_{\text{э}}$	40,53	54,28
Амортизационные отчисления, руб./т	$A_{\text{то}}$	86,36	134,53
Накладные расходы, руб./т	$H_{\text{п}}$	7,33	9,76
Прямые затраты, руб./т	$\text{П}_{\text{з}}$	1041,9	1641,76
Снижение прямых затрат, %		73,7	–
Приведенные затраты, руб./т	$\text{П}_{\text{пр}}$	406,37	731,4
Снижение приведенных затрат, %		65,7	–
Годовой экономический эффект, руб.	$\mathcal{E}_r$	328611	–
Срок окупаемости дополнительных капиталовложений, лет	$T_{\text{ок}}$	1,26	–

### **5.3 Выводы по главе**

1. Проведенные производственные испытания подтвердили технологическую надежность и эффективность предложенного гидравлического поршневого пресса. Производительность составила 0,75 т/ч.

2. При использовании гидравлического пресса в сравнении с применением шнекового набивщика в процессе формирования субстратных блоков был получен годовой экономический эффект 328,611 тыс. руб. в ценах на 01.04.2024, а срок окупаемости для дополнительных капитальных вложений составит 1,26 года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана и обоснована конструктивно-технологическая схема гидравлического поршневого пресса с сужающейся камерой сжатия, обеспечивающая формирование субстратного блока требуемой плотности и однородности. В результате теоретических и экспериментальных исследований получены зависимости критериев оптимизации – плотности материала в блоке и усилия на поршне – от геометрических параметров камеры сжатия, скорости движения и физико-механических свойств материала субстрата. Установлены рациональные значения: для резки соломы – угол сужения камеры сжатия  $7,5^\circ \dots 8,5^\circ$ , скорость движения поршня 0,04–0,06 м/с; для лузги подсолнечника – угол сужения от  $6,0^\circ$  до  $8,5^\circ$ , скорость поршня 0,08–0,12 м/с; для древесной щепы – угол сужения камеры сжатия  $4,5^\circ \dots 6,5^\circ$  и скорость в диапазоне 0,06–0,1 м/с. Внедрение предлагаемого пресса обеспечивает высокую производительность технологического процесса формирования субстратного блока.

1. Проведенный анализ существующих в настоящее время исследований, литературных источников и полученного производственного опыта показал высокие трудовые затраты при формировании блоков субстрата для грибов. В данном технологическом процессе используется несколько операций, что неизбежно приводит к потерям в производительности и увеличению энергетических затрат. Процесс формирования блоков субстрата для выращивания грибов недостаточно изучен. В результате возникает недостаточная эффективность используемых технических средств для механизации процесса формирования блоков.

2. Основным направлением совершенствования данной категории машин является снижение времени операций и повышение качества формирования субстратного блока. В соответствии с данным направлением разработана новая конструктивно-технологическая схема пресса (патент на полезную модель № 219973 U1) обеспечивающая формирование субстратного блока требуемой плотности и однородности.

3. В ходе теоретических исследований получены аналитические выражения, позволяющие обосновать параметры поршневого пресса, определить требуемое усилие (выражение 2.30) и необходимую мощность привода, производительность



(выражение 2.37) и энергоемкость (выражение 2.40). Установлено, что наибольшее влияние на критерии оптимизации оказывают физико-механические свойства исходных материалов для формирования блоков субстрата, скорость движения поршня и угол сужения камеры пресса.

4. Исследованы физико-механические свойства исходных материалов для формирования субстратных блоков. Наибольшей величиной относительного уплотнения также обладает резка соломы, а наименьшей – древесная щепа. Исходная насыпная плотность соломы –  $230 \text{ г/дм}^3$ , лузги подсолнечника –  $250 \text{ г/дм}^3$ , древесной щепы –  $350 \text{ г/дм}^3$ . Древесная щепа обладает наибольшим из исследуемых материалов коэффициентом трения 0,9, сопротивлением деформациям сжатия – 0,15 кПа и сдвига – 0,12 кПа. Резка соломы – 0,06 и 0,09 кПа соответственно.

5. В результате экспериментальных исследований установлены рациональные значения исследуемых факторов, при которых плотность формируемого субстратного блока соответствует качественным показателям и требованиям технологии выращивания грибов: значение  $410\text{--}450 \text{ г/дм}^3$  достигается для резки соломы при угле сужения камеры сжатия  $7,5^\circ \dots 8,5^\circ$ , скорости движения поршня  $0,04\text{--}0,06 \text{ м/с}$ ; для лузги подсолнечника – угол сужения от  $6,0^\circ$  до  $8,5^\circ$ , скорость поршня – от  $0,08$  до  $0,12 \text{ м/с}$ ; для древесной щепы – угол сужения  $4,5^\circ \dots 6,5^\circ$  и скорость диапазоне от  $0,06$  до  $0,1 \text{ м/с}$ . Коэффициент вариации плотности формируемых блоков составил  $2,0\text{--}3,5 \%$ .

6. Анализ полученных результатов позволяет обосновать величину усилия на поршне при рекомендуемых по плотности значениях исследуемых факторов. При исходном сырье – резка соломы для угла сужения камеры сжатия, равном  $7,5^\circ \dots 8,5^\circ$  и скорости движения поршня  $0,04\text{--}0,06 \text{ м/с}$  величина усилия составит  $20,0\text{--}24,9 \text{ кН}$ ; при исходном сырье – лузга подсолнечника для угла сужения от  $6,0^\circ$  до  $8,5^\circ$ , скорость поршня – от  $0,08$  до  $0,12 \text{ м/с}$  величина усилия составит  $20,1\text{--}29,8 \text{ кН}$ ; при исходном сырье – древесная щепа при значении угла сужения  $5,5^\circ \dots 6,5^\circ$  и рекомендуемой скорости в среднем диапазоне от  $0,06$  до  $0,1 \text{ м/с}$  усилие составит  $39,0\text{--}46,7 \text{ кН}$ .

Производительность составляет: при использовании резки соломы – 0,95 т/ч, лузги подсолнечника – 1,06 т/ч, древесной щепы – 0,86 т/ч.

7. При проведении испытаний в производственных условиях экономический эффект составил 328,611 тыс. руб., срок окупаемости дополнительных капиталовложений – 1,26 года.

### **РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ**

Предложенная конструктивно-технологическая схема гидравлического поршневого пресса, результаты исследований и обоснования параметров соответствуют технологии выращивания грибов вешенка и могут быть использованы производителями техники для грибоводства в процессе разработки и проектирования новых моделей машин.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

В дальнейших исследованиях рекомендуется совершенствование технологического процесса формирования блоков субстрата для выращивания грибов при использовании других исходных компонентов и различных вариантов смесей исходных компонентов. Также перспективным является исследование всего комплекса машин технологии производства субстратных блоков для выращивания грибов.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. *Алексеева, К.* Выращивание вешенки в теплицах / К. Алексеева, Н. Девочкина // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2011. – № 5. – С. 44–45.
2. *Алексеева, К. Л.* Требования гриба вешенки к качеству субстратов и условиям культивирования / К. Л. Алексеева // ГАВРИШ. – 2002. – № 6. – С. 31–33.
3. *Анненков, Б. Г.* Внедрение в приамурское грибоводство новых оригинальных видов вешенок / Б. Г. Анненков, В. А. Азарова // Современное научное обеспечение дальневосточной аграрной отрасли : матер. V Казьминских чтений. 29.11.2006. – Хабаровск : ДВНИИСХ РАСХН, 2007. – С. 51–60.
4. *Анненков, Б. Г.* Научно-методические первоосновы развития грибоводства в Приамурье / Б. Г. Анненков // Пути повышения ресурсного потенциала с.-х. производства Дальнего Востока (к 100-летию аграрной науки на Дальнем Востоке) : сб. науч. тр. / ПримНИИСХ ДВНМЦ РАСХН. – Владивосток : Дальнаука, 2007. – С. 246.
5. *Анненков, Б. Г.* Становление грибоводства в Приамурье / Б. Г. Анненков // Теоретические и прикладные аспекты растениеводства на Дальнем Востоке : матер. II Казьминских чтений. 29.11.2003 г. – Хабаровск : ДальНИИСХ, 2004. – С. 134–142.
6. *Ахияров, Б.* Продуктивность вешенки обыкновенной на различных субстратах / Б. Ахияров, А. Савина // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2012. – № 3. – С. 53–54.
7. *Белова, Н.* Как создать грибной бизнес. Товарное производство вешенки / Н. Белова // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2008. – № 3. – С. 42–43.
8. *Бисько, Н. А.* Биология и культивирование съедобных грибов рода вешенка / Н. А. Бисько, И. А. Дудка. – Киев : Наукова думка, 1987. – 148 с.
9. *Бондарева, И. В.* Научное обеспечение агропромышленного комплекса / И. В. Бондарева, И. В. Назаров // Сборник статей по материалам XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края / отв. за выпуск А. Г. Кощаев. – Краснодар, 2017. – С. 322–323.
10. *Борисова, М.* Атака шампиньонов. Перспективы отечественного рынка грибов / М. Борисова, А. Болгарова // Агротехника и технологии. – 2022. – № 2.

11. *Бородянский В.П.* Пресс гидравлический для изготовления кип листового табака // *Материалы Международной научно-практической конференции. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий»* – 2015. – С. 219–222.

12. *Бычков, А. В.* Дополнительная продукция сельского хозяйства как основа высокоэффективного топлива / *А. В. Бычков, В. Ю. Фролов, Е. А. Тарасенко* // *Научный журнал КубГАУ.* – 2023. – № 188 (04).

13. *Везиров, А. О.* Повышение эффективности технологического процесса приготовления почвенных смесей путем обоснования конструктивно-режимных параметров погрузчика-смесителя : дис. ... канд. техн. наук / *Везиров Александр Олегович.* – Саратов, 2013. – 126 с.

14. *Гимейн, С. М.* Физико-механические свойства навоза / *С. М. Гимейн* // *Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства.* – 1962. – № 4. – С. 49–50.

15. *Глунцов, Н. Н.* Технология производства вешенки в фермерских условиях / *Н. Н. Глунцов* // *Плодородие.* – 2001. – № 1. – С. 32–33.

16. *Голубев, О. В.* Биологическое обезвреживание промышленных и сельскохозяйственных отходов с помощью мицелия вешенки устричной (*Pleurotus ostreatus*) / *О. В. Голубев* // *4 Научные чтения памяти профессора В. В. Станчинского.* – Смоленск, 2004. – Вып.4. – С. 670–674.

17. ГОСТ Р 55450-2013. Удобрения органические. Метод определения насыпной плотности. – Режим доступа : <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293776/4293776106.pdf>

18. Грибы рода Вешенка – ингредиенты новых физиологических функциональных пищевых продуктов / *В. В. Щерба [и др.]* // *Успехи медицинской микологии : материалы V Всерос. конгресса по медицинской микологии.* – М., 2007. – Т. 9. – С. 270–272.

19. *Девочкина, Н. Л.* Выращивание вешенки интенсивным способом / *Н. Л. Девочкина, И. А. Рубцова* // *Теплицы России.* – 2009. – № 3. – С. 23–26.

20. *Девочкина, Н. Л.* Промышленное грибоводство – эффективный ресурс АПК России / Н. Л. Девочкина, Р. Д. Нурметов, Л. И. Долгих // Картофель и овощи. – 2012. – № 1 – С. 21–22

21. *Девочкина, Н. Л.* Расширить производство вешенки – ценной деликатесной культуры / Н. Л. Девочкина, Н. С. Гераськина // Картофель и овощи. – 2009. – № 6. – С. 20–21.

22. Динамика пневмопривода пресса для отжима виноградного сока на стадии разрыхления сырья / И. Н. Краснов [и др.] // Вестник аграрной науки Дона. – 2020. – № 4 (52). – С. 66–71.

23. *Должикова, Н. Н.* Совершенствование процесса прессования винограда / Н. Н. Должикова, И. В. Назаров // Активная честолюбивая интеллектуальная молодёжь – сельскому хозяйству. – 2019. – № 1 (6). – С. 51–56.

24. *Дубинин, В. Ф.* Физико-механические и перегрузочные свойства сельскохозяйственных грузов : учебное пособие / В. Ф. Дубинин, П. И. Павлов. – Саратов : Сарат. гос. с.-х. акад., 1996. – 100 с.

25. *Дулов, М. И.* Совершенствование технологии выращивания культивируемых грибов вешенки (подготовка субстрата методом пастеризации-ферментации) / М. И. Дулов, Е. В. Вялая // Изв. Самар. гос. с.-х. акад. – Самара, 2010. – № 4. – С. 243–249.

26. *Дулов, М. И.* Совершенствование технологии культивирования грибов вешенка на основе приготовления субстрата методом пастеризации-ферментации в термической камере / М. И. Дулов, Е. В. Вялая // Нива Поволжья. – 2011. – № 2. – С. 17–21.

27. *Жмакин, М. С.* Шампиньоны. Вешенки. Другие виды грибов / М. С. Жмакин. – Ростов н/Д., 2010. – 192 с.

28. *Жмудь, Е. В.* Динамика содержания белка и трипсинингибирующей активности при хранении вешенки обыкновенной / Е. В. Жмудь, Е. В. Макарова, О. В. Дорогина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2007. – № 3. – С. 36–40.

29. *Ильюшенко, Д. А.* Разработка технологии производства брикетов из отходов окорки : дис. ... канд. техн. наук / Ильюшенко Дмитрий Александрович. – СПб., 2012. – 135 с.

30. *Карпов Ф.Ф.* Гидротермическая обработка субстрата для выращивания вешенки / Ф.Ф. Карпов, А.Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2002. №2. – С. 8-10.

31. *Карпов, Ф. Ф.* Особенности выгонки плодовых тел вешенки в теплице / Ф. Ф. Карпов, А. Д. Тищенко // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2007. – № 8. – С. 45–48.

32. *Качмазов, Г.С.* Изучение интенсивности роста чистой культуры гриба вешенка / Г.С. Качмазов, И.К. Сатцаева, М.Т. Батырова и др. // Пищевая промышленность. – 2001. - №6. – С. 56.

33. *Климова, Е. В.* Утилизация отходов сельского хозяйства при производстве гриба вешенки / Е. В. Климова // Экологическая безопасность в АПК : РЖ. – 2006. – № 3. – С. 669.

34. *Коршак, А. В.* Обоснование технологии производства древесных брикетов на прессовом оборудовании ударного типа : автореф. дис. канд. техн. наук / Коршак Андрей Валентинович. – СПб : СПбГЛТА, 2011. – 20 с.

35. *Кудря, А.М.* Утилизация отходов сельского хозяйства при производстве гриба вешенка / А.М. Кудря // Биологическое разнообразие Кавказа: материалы 3 междунар. конф.: (Сухуми, 11-14 окт., 2004 г.). – Нальчик, 2004. – Т.2. – С. 58-62.

36. *Кузнецова, О.В.* Поверхностное культивирование *Pleurotus ostreatus* в искусственных условиях / О.В. Кузнецова, И.М. Зубарева // Вопр. химии и хим. технологии. – 2002. - №2. – С. 60-62.

37. *Лаврентьев, В. П.* Эффективные направления снижения уплотнения почвы для сохранения ее плодородия / В. П. Лаврентьев // Научный журнал КубГАУ. – 2019. – № 146 (02).

38. *Левченко, Г. В.* Повышение эффективности погрузки органических удобрений погрузчиком непрерывного действия и оптимизация параметров лопастного питателя : дис. ... канд. техн. наук / Левченко Галина Викторовна. – Саратов, 1998. – 171 с.

39. *Линов, Н.И.* ЭМ-технология и культивирование грибов вешенки / Н.И. Линов // Овощевод.и тепличное хозяйство. – 2007. - №7. – С. 45-46.

40. *Лозановская, И. Н.* Теория и практика использования органических удобрений / И. Н. Лозановская, Д. С. Орлов, П. Д. Попов. – М. : Агропромиздат, 1988. – 96 с.

41. *Львовский, Е. Н.* Статистические методы построения эмпирических формул / Е. Н. Львовский. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1988. – 239 с.

42. *Матершев, В. Г.* Климатическая система для двухзональной технологии выращивания вешенки / В.Г. Матершев, А.Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2011. – № 4. – С. 40–41.

43. *Матершев, В. Г.* Размер субстратных блоков для выращивания вешенки / В. Г. Матершев // Школа грибоводства. – 2013. – № 1. – С. 42–44.

44. *Матершев, В. Г.* Субстратные машины для подготовки субстрата вешенки и других экзотических грибов / В. Г. Матершев // Школа грибоводства. – 2001. – № 2. – С. 22–25.

45. *Мельников, С. В.* Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – Л. : Колос, 1980. – 168 с.

46. *Модин, Н. А.* Брикетирование измельченной древесины и древесной коры / Н. А. Модин, А. Н. Ерошкин // М. : Лесная промышленность, 1971. – 112 с.

47. *Морозов, А. И.* Выращивание вешенки / А. И. Морозов. – М. : АСТ ; Донецк : Сталкер, 2005. – 48 с.

48. *Морозов, А. И.* Выращивание вешенки / А. И. Морозов. – М. : АСТ Полиграфиздат, 2010. – 46 с.

49. *Морозов, А. И.* Промышленное производство вешенки : (плодоношение и сбор. Переработка и хранение. Болезни и вредители) / А. И. Морозов. – М. : АСТ ; Донецк : Сталкер, 2006. – 110 с.

50. *Новик, Ф. С.* Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов / Ф. С. Новик, Я. Б. Арсов. – М. : Машиностроение ; София : Техника, 1980. – 304 с.



51. Новоселова, Д.Н. Культивирование *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) P. Kumm совместно с дрожжами / Д.Н. Новоселова // Вестн. МГУ. – 2011. - №3. – С. 25-28. – (Сер. 16:Биология).

52. Новоселова, Д.Н. Совместное культивирование видов рода *Pleurotus*(Fr.) P. Kumm. с дрожжами: автореф. дис...канд. биол. наук: (03.02.12) / Моск. гос. ун-т. – М., 2011. – 26 с.

53. Нормы технологического проектирования комплексов по выращиванию вешенки. НТП-АПК 1.10.09.003-04. – М. : Минсельхоз РФ, 2004. – 60 с.

54. Обоснование конструктивных параметров вакуумного пресса / Н. Н. Должикова [и др.] // Вестник аграрной науки Дона. – 2022. – Т. 15. – № 1 (57). – С. 24–31.

55. Особенности выращивания вешенки на древесине / А. Н. Юрьев [и др.]. – Рязань, 2003. – Вып. 7. – Ч. 2. – 186 с.

56. Павлов, П. И. Исследование поршневого пресса для формирования блоков субстрата при выращивании грибов / П. И. Павлов, Д. А. Смотряков, И. Л. Дзюбан И. Л. // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 8. – С. 138–143.

57. Павлов, П. И. Научно-технические решения проблемы ресурсосбережения при использовании навозопогрузчиков непрерывного действия : дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01 / Павлов Павел Иванович. – Саратов, 2002. – 441 с.

58. Павлов, П. И. Физико-механические свойства сельскохозяйственных грузов в расчетах подъемно-транспортных машин : учебное пособие / П. И. Павлов, Е. Е. Демин, И. Л. Дзюбан. – Саратов : Волга-Медиа, 2022. – 134 с.

59. Пат. 2183056 Российская Федерация, МПК7 А 01 G 1/04.Способ стимуляции роста культуры вешенки обыкновенной / Евдокимова О. А., Польских С. В., Аксенова В. Е. и др. : патентообладатель Воронеж. гос. агр. ун-т. – № 2000102740/ 13 ; заявл. 03.02.00 ; опубл. 10.06.02, Бюл. №16.

60. Пат. 2332005 Российская Федерация, МПК Ф 01 G 1/04 (2006.01). Плотная линия для выращивания грибов вешенки, способ выращивания грибов вешенки и субстрата для их выращивания / Фролов С. А.: патентообладатель С. А. Фролов. – № 2006135371/13 ; заявл. 09.10.2006 ; опубл. 27.08.2008, Бюл. № 2.

61. Патент 2407275 Российская Федерация, МПК 7 А 01G 1/04. Способ выращивания гриба вешенки / Горячий И. В., Стародубцева Г. П., Оськин С. В. и др. : патентообладатель КГАУ. – № 2009126878/21 ; заявл. 13.07.09 ; опубл. 27.12.10, Бюл. № 36.

62. Патент 2758321 Российская Федерация С1 МПК А 47 J 19/02. Пневмомеханический пресс для отжима сока / Краснов И. Н., Назаров И. В., Лебедько Д. А., Назарова Е. В. ; патентообладатель ФГБОУ ВО Донской ГАУ. – № 2020133871 ; заявл. 14.10.2020 ; опубл. 28.10.2021. – 6 с.

63. Патент 2452170 Российская Федерация, МПК А 01 G 1/04, В 30 В 9/30, В 30 В 15/30. Устройство для наполнения грибным субстратом грибного блока из полиэтиленового рукава / Горякин В. Н., Матершев В. Г. ; патентообладатель В. Н. Горякин. – № 2000113777/12 ; заявл. 30.05.2000, опубл. 20.05.2004.

64. Патент 2457951 Российская Федерация, МПК В30В 1/32, В30В 15/18. Гидравлический пресс / Потапенков А.П., Пилипенко С.С., Серебренников Ю.Г., Евдокина О.П., Коробцова С.А. ; патентообладатель ФГБОУ ВО "Норильский государственный индустриальный институт" – № 2010144959/02 ; заявл. 02.11.2010, опубл. 10.08.2012, Бюл. № 22. – 8 с.

65. Патент 2228605 Российская Федерация, МПК А01F 15/04, В 30 В 9/30. Пресс навесной горизонтальный гидравлический для брикетирования опавшей листвы / Акимов А.П., Васильев А.Г., Владимирова Т.Т., Казаков Г.Р., Кирпичникова Н.А. ; патентообладатель А. П. Акимов, А.Г. Васильев – №2011101838/02 ; заявл. 19.01.2011, опубл. 10.06.2012, Бюл. № 16. – 7 с.

66. Патент на полезную модель 219973 Российская Федерация, СПК В 30 В 9/30 (2023.02). Устройство для наполнения пакетов субстратом для выращивания грибов / Смотряков Д. А., Павлов П. И., Смотряков А. А. : заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Вавиловский университет. – № 2022131485 ; заявл. 01.12.2022 ; опубл. 16.08.2023, Бюл. № 23. – 6 с.

67. Патент на полезную модель 174761 Российская Федерация, В30В 15/06 (2006.01). Нажимная плита для гидравлического прессы / Герасимов Е. Е.; патентообладатель ООО «Ола». – № 2017107664: заявлен 07.03.2017 : опубликовано

ван 31.10.2017 – 6 с.

68. Патент на полезную модель 227989 Российская Федерация, С05F 3/06 (2024.01). Пресс-гранулятор овечьего навоза / Труфанов Б. С., Гурьянова Ю. В., Гурьянов Д. В., Куденко В. Б. ; патентообладатель ООО «Доза-Агро». – № : заявлен 19.02.2024 : опубликован 12.08.2024 – 5 с.

69. Пенетромтр грунтовый ПСГ-МГ4 : руководство по эксплуатации КБСП.427333.037 РЭ. – Челябинск 2016

70. *Петрова Л.А.* Технологии выращивания вешенки культивируемой /Л.А. Петрова // Пищевая промышленность. – 2007. - №11. – С. 58-59.

71. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер [и др.]. – М. : Наука, 1976. – 279 с.

72. Повышение эффективности промышленного культивирования съедобного гриба вешенки обыкновенной (облучение мицелия светом видимой части света) / Н. Л. Поединок [и др.] // Биотехнология. – 2004. – № 5. – С. 64–66.

73. Подъёмно-транспортные машины : учебник для вузов / В. В. Красников [и др.]. – М. : Агропромиздат, 1987. – 272 с.

74. *Полонский, В.* Оптимизация некоторых параметров культивирования грибов вешенки / В. Полонский, А. Барба, Н. Мануковский // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2011. – № 3. – С. 59–62.

75. Пресс-гранулятор-обеззараживатель для изготовления гранул и брикетов из подстилочного навоза / Д. В. Гурьянов [и др.] // Вестник РГАТУ. – 2018. – № 2 (38). – С. 82–85.

76. Промышленное культивирование съедобных грибов / под общ. ред. И. А. Дудки. – Киев : Наукова думка, 1978. – 264 с.

77. *Рубцов, А. А.* Подготовка субстратов для вешенки / А. А. Рубцов // Картофель и овощи. – 2006. – № 3. – С. 39.

78. *Рубцов, А. А.* Технологические аспекты эффективного культивирования съедобного гриба вешенки / А. А. Рубцов, И. А. Рубцова // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2006. – № 4. – С. 67–68.

79. *Рубцов, А. А.* Усовершенствование элементов технологии приготовления субстрата для выращивания вешенки : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.06 / Рубцов Александр Александрович ; Всерос. науч.-исслед. ин-т овощеводства. – М., 2007. – 27 с.

80. *Руденко, Б. Д.* Математическая модель прессования плит на основе измельченной соломы и термопласта / Б. Д. Руденко, С. М. Плотников // Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 5. – С. 71–76.

81. *Руденко, У.* «Магнит» вырастил вешенку. Компания запустила крупнейший в стране центр по выращиванию этих грибов / У. Руденко // Агротехника и технологии. – 2023. – № 2.

82. *Скидело, В. В.* Результаты испытаний гранулятора кормов ПШ-120 / В. В. Скидело, И. Н. Краснов, Ж. В. Матвейкина // Вестник аграрной науки Дона. — 2013. – № 3 (23). – С. 20–25.

83. *Складчиков Е.Н.* Оптимизация режима работы гидравлического пресса с двухступенчатым насосным приводом / Е.Н. Складчиков // Заготовительные производства в машиностроении. – 2021. – № 4. – С. 161–163.

84. *Складчиков Е.Н.* Математическое моделирование работы гидравлического пресса с насосом переменной производительности / Е.Н. Складчиков // Наука и бизнес: пути развития. – 2023. – № 140. – С. 67–69.

85. *Слюсаренко, В. В.* Комплект оборудования для производства твердого биотоплива (пеллет из лузги подсолнечника) / В. В. Слюсаренко // PROBLEMELE ENERGETICII REGIONALE. – 2010. – № 2(13). – С. 66–70.

86. *Смирнова, Ю. В.* Особенности культивирования вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus*) на твердых питательных средах как метод сохранения ее генофонда / Ю. В. Смирнова // Вестник ВГУ. – 2011. – № 1. – С. 142–144. – (Сер. : География. Геоэкология).

87. *Терновой, К. Г.* Агротехнологическое обоснование культивирования вешенки обыкновенной на костре льна : дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.06 / Терновой Константин Геннадьевич. – М., 2006. – 144 с.

88. *Тищенко, А. Д.* Большие и маленькие блоки с нестерильным субстратом

/ А. Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2020. – № 5 (125). – С. 62–66.

89. *Тищенко, А. Д.* Варианты приспособления стеклянных теплиц под выращивание вешенки / А. Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2011. – № 2. – С. 12–44.

90. *Тищенко, А. Д.* Влияние параметров культивирования на качество плодовых тел вешенки / А. Д. Тищенко, Ф. Ф. Карпов // Школа грибоводства. – 2002. – № 1. – С. 9–14.

91. *Тищенко, А. Д.* Влияние уровня CO<sub>2</sub> на форму и качество плодовых тел вешенки / А. Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2010. – № 4. – С. 32–37.

92. *Тищенко, А. Д.* Выращивание вешенки в агрокомбинате «Пуца-Водица» (Украина) / А. Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2003. – № 6. – С. 7–11.

93. *Тищенко, А. Д.* Выращивание вешенки в Италии / А. Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2001. – № 2. – С. 5–7.

94. *Тищенко, А. Д.* Выращивание вешенки на древесной щепе / А. Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2011. – № 2. – С. 38–40.

95. *Тищенко, А. Д.* Индустрия производства вешенки в России / А. Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2007. – № 4. – С. 21.

96. *Тищенко, А. Д.* Как повысить урожайность субстрата вешенки / А. Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2011. – № 3. – С. 36–39.

97. *Тищенко, А. Д.* Какой способ подготовки субстрата для вешенки лучше? / А. Д. Тищенко // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2005. – № 6. – С. 42–46.

98. *Тищенко, А. Д.* Обзор культивирования вешенки за рубежом / А. Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2002. – № 4. – С. 17–19.

99. *Тищенко, А. Д.* Организация небольшого цеха по приготовлению субстрата вешенки в тоннелях / А. Д. Тищенко, Ф. Ф. Карпов // Школа грибоводства. – 2007. – № 5. – С. 19.

100. *Тищенко, А. Д.* Повышение селективности субстрата для выращивания вешенки с помощью аэробной ферментации / А. Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2000. – № 5. – С. 14–17.

101. *Тищенко, А. Д.* Повышение урожайности вешенки путем оптимизации состава субстрата / А. Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2003. – № 5. – С. 6–7.

102. *Тищенко, А. Д.* Приготовление субстрата для вешенки : актуальные проблемы сегодняшнего дня и пути их решения / А. Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2011. – № 3. – С. 11–14.
103. *Тищенко, А. Д.* Размещение блоков в камере плодоношения вешенки без стеллажей / А. Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2010. – № 6. – С. 34.
104. *Тищенко, А. Д.* Субстраты для культивирования вешенки / А. Д. Тищенко. – Ч. 1, 2. – М., 1999.
105. *Толмачёва, И. А.* Конкурентные преимущества вешенки – перспективного продовольственного товара для России / И. А. Толмачёва, Б. Г. Анненков // Национальные и глобальные проблемы российской экономики : теория, реальность, перспективы : межвуз. сб. науч. статей преподавателей и аспирантов. - Хабаровск : РИЦ ХГАЭП, 2007. – С. 116–120.
106. *Филатов, Г.* Химические способы обработки субстрата для вешенки / Г. Филатов // Овощеводство и тепличное хозяйство. – 2008. – № 12. – С. 46–18.
107. *Фролов, В. Ю.* Совершенствование технологий и технических средств приготовления и раздачи грубых кормов из рулонов / В. Ю. Фролов, М. И. Туманова // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 99 (05).
108. *Хакимзянов, Р. Р.* Повышение эффективности погрузчика органических удобрений путем оптимизации параметров фрезерно-шнекового питателя : дис. ... канд. техн. наук / Хакимзянов Рустам Рафитович. – Саратов, 2001. – 165 с.
109. *Хитрова, Н. В.* Повышение эффективности погрузки органических удобрений погрузчиком непрерывного действия и обоснование параметров шнекофрезерного питателя : дис. ... канд. техн. наук / Хитрова Наталия Валериевна. – Саратов, 1997. – 156 с.
110. *Хренов, А. В.* Грибной рынок России 2006 года / А. В. Хренов // Школа грибоводства. – 2007. – № 2. – С. 38–42.
111. *Хренов, А. В.* Эта удивительная вешенка! / А. В. Хренов, А. Д. Тищенко // Школа грибоводства. – 2009. – № 5. – С. 38–43.
112. *Чайка, А. К.* Научное обеспечение развития грибоводства в Дальневосточном Федеральном округе / А. К. Чайка, Б. Г. Анненков, В. А. Азарова // Ин-

новационное развитие как приоритет экономической политики в регионах Востока России : матер. Второго Дальнев. межд. эконо. форума (Хабаровск, 18–19 сентября 2007 г.). – Хабаровск, 2007.– Т. 7. – С. 214–222.

113. *Чибирев, О. В.* Анализ исследований процесса брикетирования отходов лесопереработки на гидравлическом прессовом оборудовании / О. В. Чибирев, О. А. Куницкая, А. Б. Давтян // *Resources and Technology*. – 2019. – № 16 (2). – С. 97–118.

114. *Чибирев, О. В.* Изменение модуля деформации опилок и коры при уплотнении / О. В. Чибирев., В. А. Кацадзе // *Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика*. – 2015. – Т. 3. – № 2–2 (13–2). – С. 372–375.

115. *Шалашова, Н. Б.* Вешенка – перспективная культура / Н. Б. Шалашова, К. П. Нахалова // *Картофель и овощи*. – 1997. – № 5. – С. 30–31.

116. *Kumari M.* Cultivation of oyster mushroom to combat pandemics: medicinal and social aspects / M. Kumari, A.Gupta // *Environment conservation journal*. – 2022. – Т. 23. – № 3. – P. 267–272.

117. *Stamets P.* The Mushroom Cultivator. A practical guide to growing mushrooms at home / P. Stamets, J.S. Chilton – 1983. – 317 p.

118. *Shrestha, Sanju.* Effect of different substrate sterilization methods on performance of oyster mushroom / Sanju Shrestha, Samikshya Bhattarai, Ram Kumar Shrestha, Jiban Shrestha // *Journal of Agricultural Science*. – 2021. – № 32 (1). – P. 127–132.

119. *Smotryakov, D.A.* Review of existing devices for growing mushrooms / D.A. Smotryakov, V.A. Kurunin, P.I. Pavlov // *Научный диалог в языковом пространстве: Сборник статей IV Международной научно-практической конференции* – Саратов, 2023 – С. 328–330.

120. *Zied, D.C.* Use of peanut waste for oyster mushroom substrate supplementation-oyster mushroom and peanut waste / D.C. Zied, E.P. Prado, E.S. Dias, J.E. Pardo, A. Pardo-Gimenez // *Brazilian journal of microbiology* – 2019. – № 4 – P. 1024–1029.

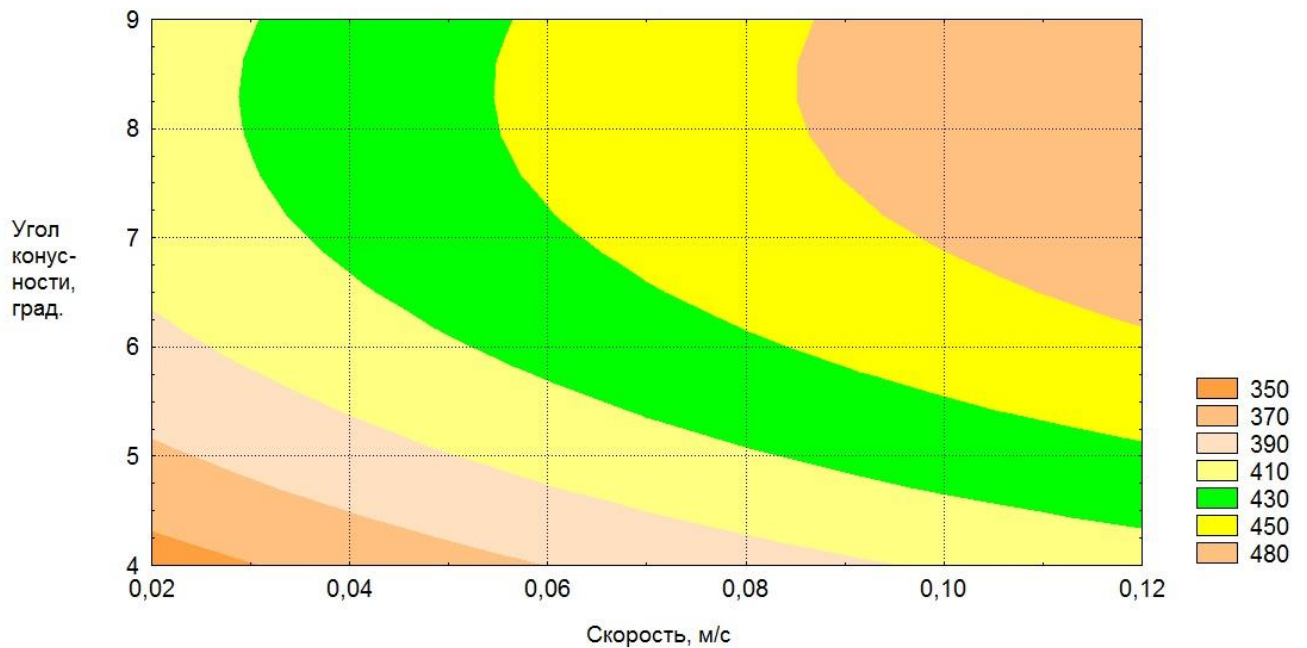
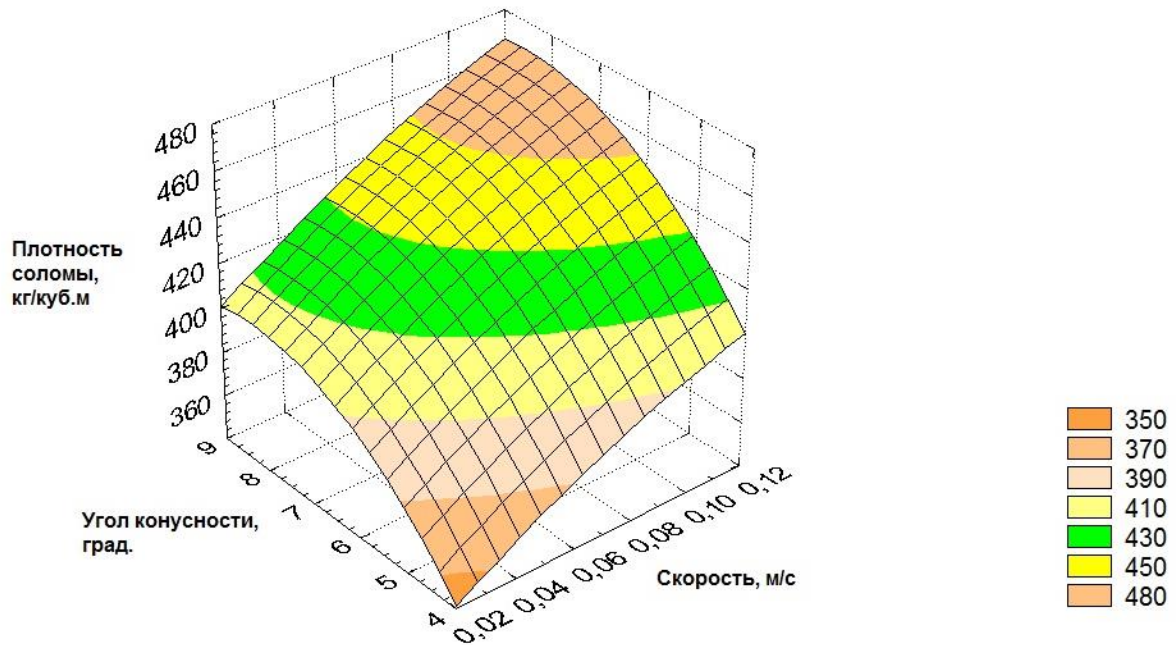


## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

Результаты обработки:

1.  $\rho$ , г/дм<sup>3</sup> от  $\alpha$ , град. и  $V$ , м/с материал солома

$\alpha$ , град.	$V$ , м/с	$\rho$ , г/дм <sup>3</sup>
4,5	0,04	373
4,5	0,06	380
4,5	0,08	394
4,5	0,1	404
4,5	0,12	414
5,5	0,04	395
5,5	0,06	408
5,5	0,08	423
5,5	0,1	432
5,5	0,12	441
6,5	0,04	405
6,5	0,06	421
6,5	0,08	435
6,5	0,1	444
6,5	0,12	454
7,5	0,04	416
7,5	0,06	430
7,5	0,08	445
7,5	0,1	454
7,5	0,12	463
8,5	0,04	421
8,5	0,06	435
8,5	0,08	449
8,5	0,1	458
8,5	0,12	468



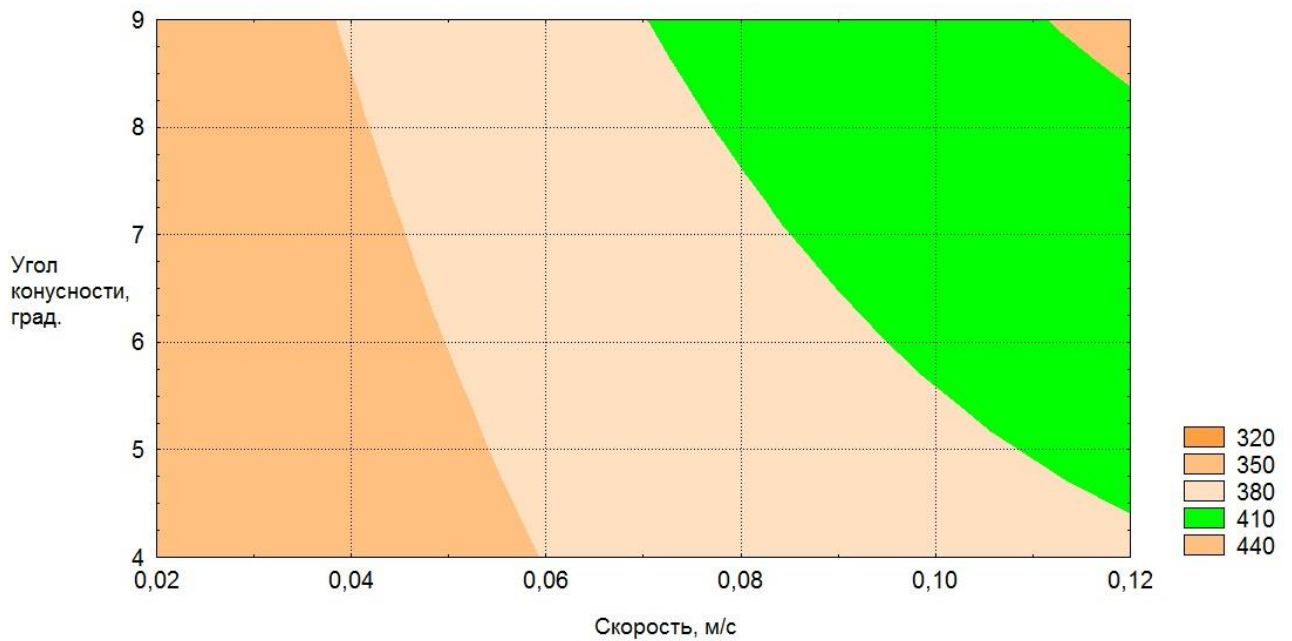
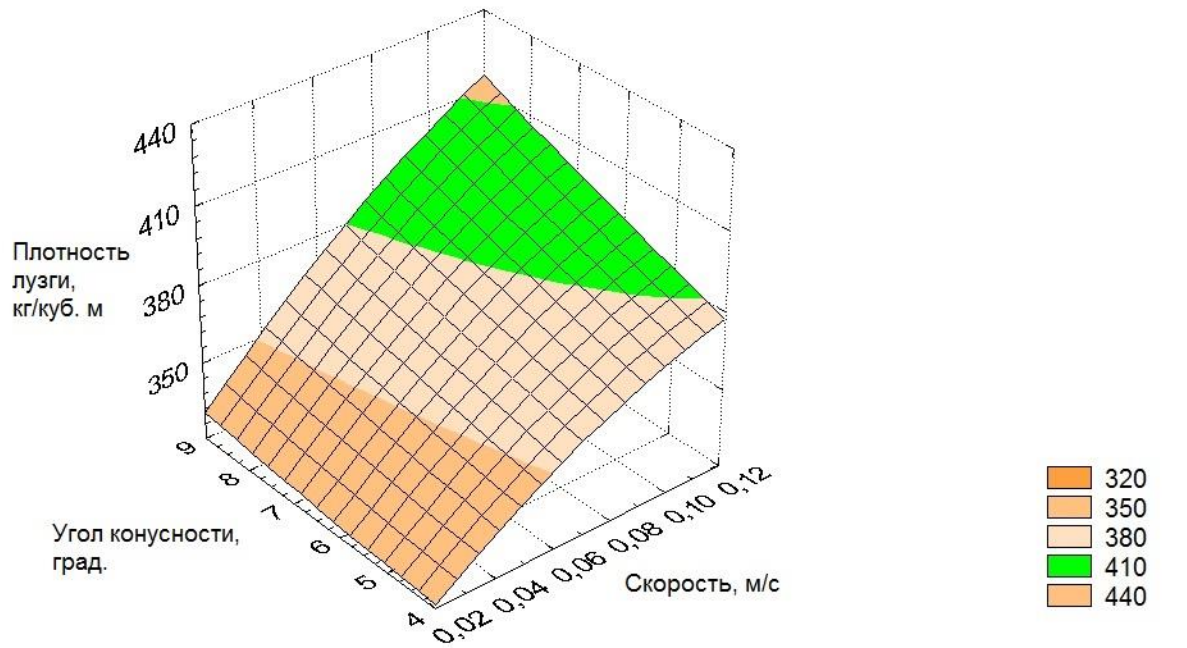
$$z = 157,51 + 841,224x + 55,071y - 2222,05x^2 + 14,783xy - 3,346y^2$$

$$z = 157,51 + 841,224x + 55,071y - 2222,05x^2 + 14,783xy - 3,346y^2$$

$$R^2 = 0,9933$$

2.  $\rho$ , г/дм<sup>3</sup> от  $\alpha$ , град. и  $V$ , м/с материал лузга подсолнечника

$\alpha$ , град	$V$ , м/с	$\rho$ , г/дм <sup>3</sup>
4,5	0,04	332
4,5	0,06	353
4,5	0,08	368
4,5	0,1	378
4,5	0,12	381
5,5	0,04	341
5,5	0,06	359
5,5	0,08	371
5,5	0,1	375
5,5	0,12	380
6,5	0,04	345
6,5	0,06	359
6,5	0,08	375
6,5	0,1	384
6,5	0,12	395
7,5	0,04	349
7,5	0,06	361
7,5	0,08	378
7,5	0,1	397
7,5	0,12	408
8,5	0,04	356
8,5	0,06	360
8,5	0,08	382
8,5	0,1	401
8,5	0,12	420



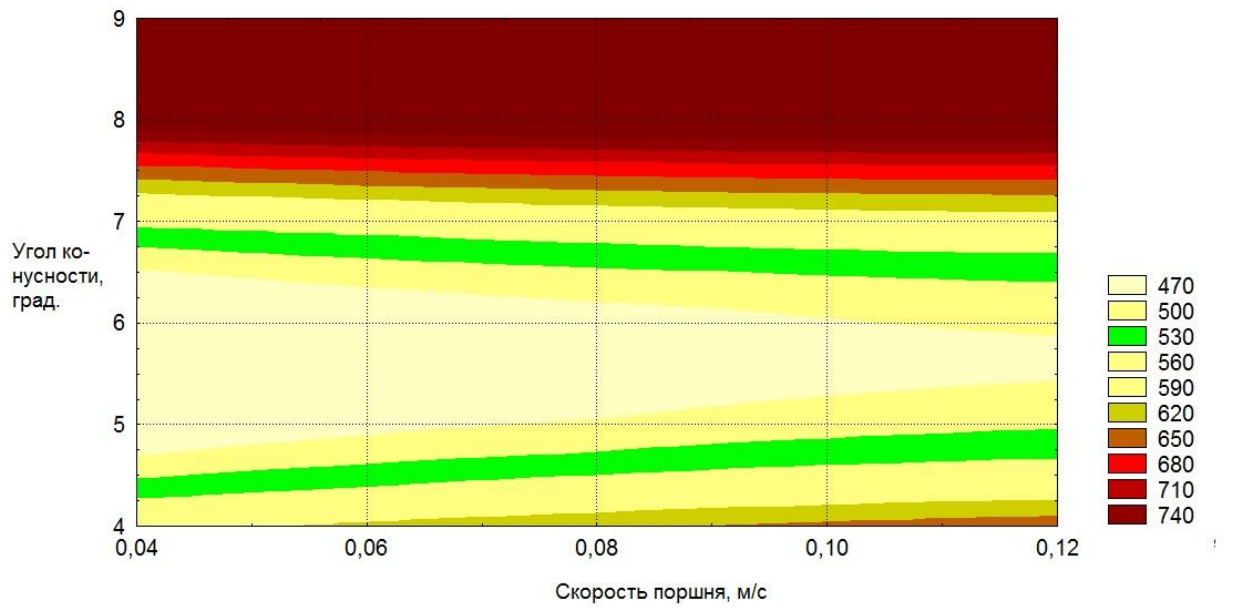
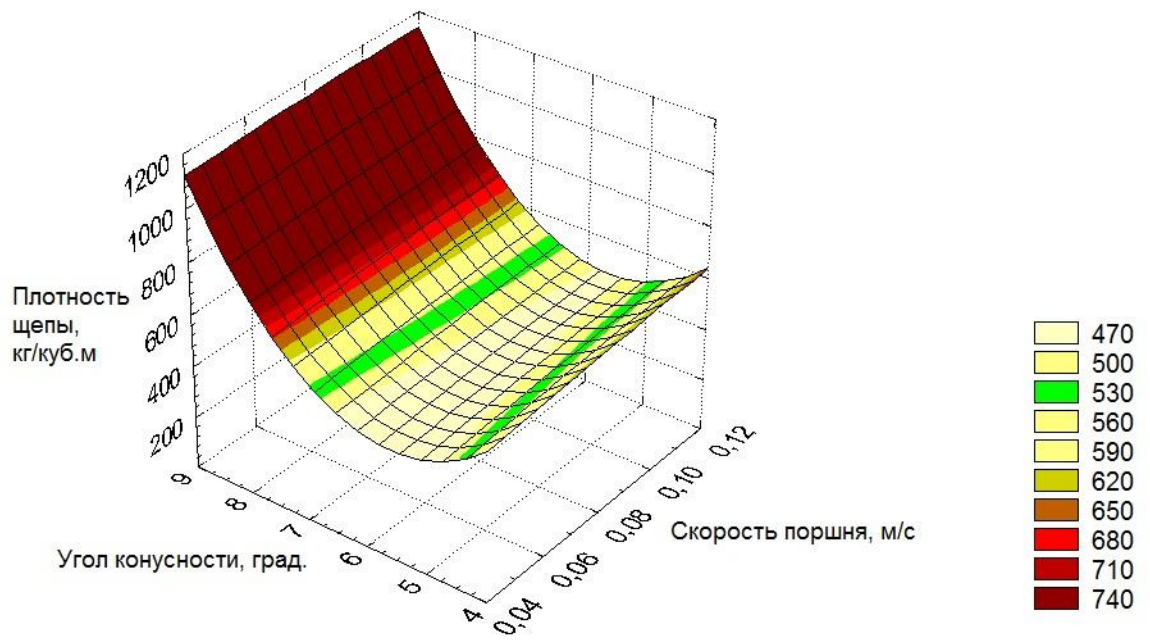
$$F\{z=305,545+721,429*x-1,051*y-2821,43*x*x+58*x*y+0,129*y*y\}$$

$$z=305,545+721,429x-1,051y-2821,43x^2+58xy+0,129y^2$$

$$R^2 = 0,9612$$

3.  $\rho$ , г/дм<sup>3</sup> от  $\alpha$ , град. и  $V$ , м/с материал древесная щепя

$\alpha$ , град	$V$ , м/с	$\rho$ , г/дм <sup>3</sup>
4,5	0,04	461
4,5	0,06	473
4,5	0,08	488
4,5	0,1	494
4,5	0,12	502
5,5	0,04	484
5,5	0,06	512
5,5	0,08	525
5,5	0,1	536
5,5	0,12	541
6,5	0,04	498
6,5	0,06	514
6,5	0,08	530
6,5	0,1	542
6,5	0,12	552
7,5	0,04	503
7,5	0,06	527
7,5	0,08	536
7,5	0,1	553
7,5	0,12	556
8,5	0,04	-
8,5	0,06	-
8,5	0,08	-
8,5	0,1	-
8,5	0,12	-



$$z = 2277,905 + 1833x - 682,486y - 4000x^2 - 106xy + 61,214y^2$$

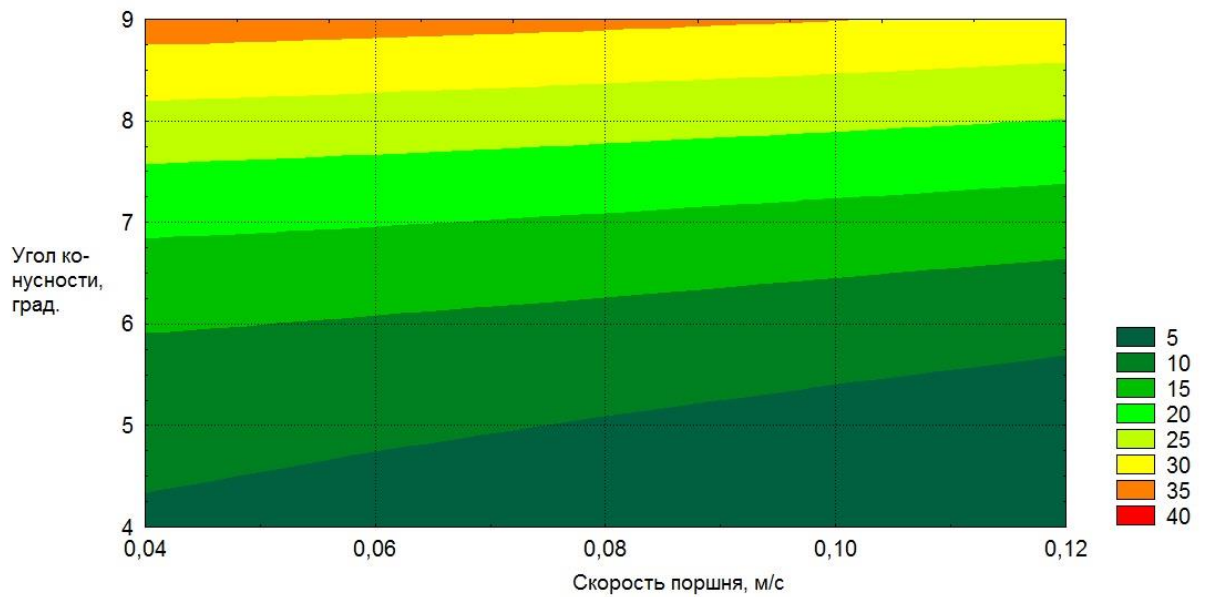
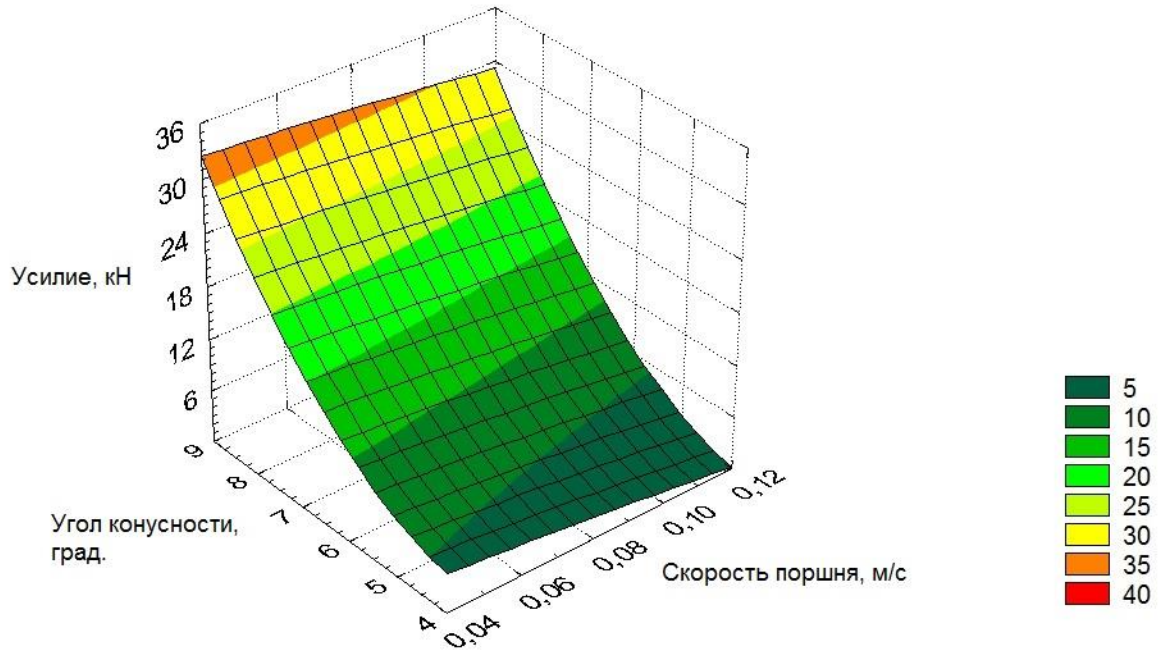
$$z = 2277,905 + 1833x - 682,486y - 4000x^2 - 106xy + 61,214y^2$$

$$R^2 = 0,8607$$



4. F, кН от  $\alpha$ , град. и V, м/с материал солома

$\alpha$ , град	V, м/с	F, кН
4,5	0,04	3
4,5	0,06	3
4,5	0,08	3
4,5	0,1	3
4,5	0,12	2
5,5	0,04	9,5
5,5	0,06	9
5,5	0,08	8,2
5,5	0,1	7,5
5,5	0,12	4
6,5	0,04	12,6
6,5	0,06	11,4
6,5	0,08	10,5
6,5	0,1	9
6,5	0,12	7
7,5	0,04	24,9
7,5	0,06	20
7,5	0,08	17
7,5	0,1	15
7,5	0,12	12,5
8,5	0,04	24,5
8,5	0,06	24,9
8,5	0,08	26,2
8,5	0,1	27,5
8,5	0,12	28



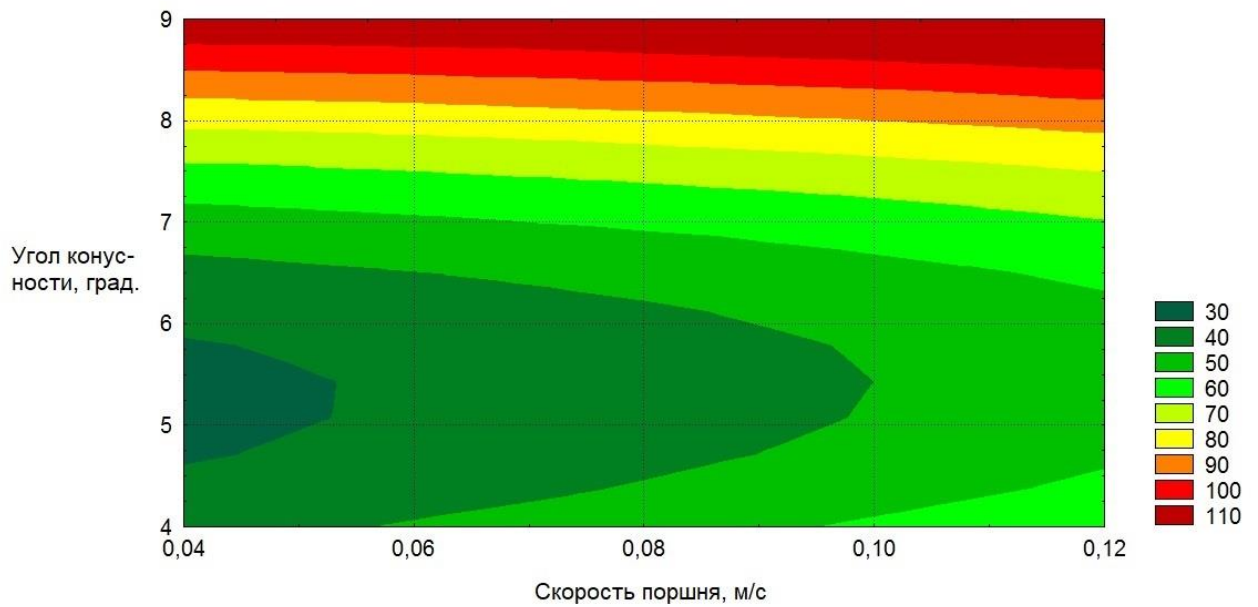
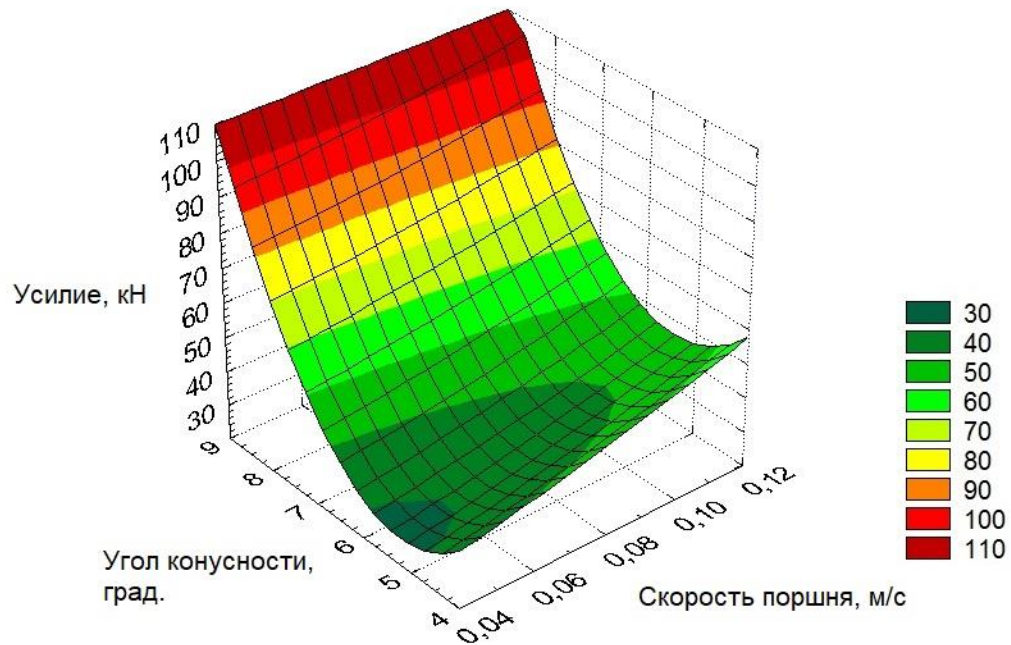
$$z = 15,824 - 44,046x - 5,968y - 146,429x^2 + 2,95xy + 0,88y^2$$

$$z = 15,824 - 44,046x - 5,968y - 146,429x^2 + 2,95xy + 0,88y^2$$

$$R^2 = 0,9412$$

5. F, кН от  $\alpha$ , град. и V, м/с материал лужга подсолнечника

$\alpha$ , град	V, м/с	F, кН
4,5	0,04	3,3
4,5	0,06	3,3
4,5	0,08	3,5
4,5	0,1	3,7
4,5	0,12	4
5,5	0,04	4,2
5,5	0,06	9,3
5,5	0,08	12,4
5,5	0,1	13,8
5,5	0,12	15,5
6,5	0,04	6,1
6,5	0,06	11,2
6,5	0,08	13,9
6,5	0,1	16,5
6,5	0,12	19,2
7,5	0,04	20,1
7,5	0,06	20,8
7,5	0,08	21,2
7,5	0,1	21,6
7,5	0,12	22
8,5	0,04	28
8,5	0,06	29,8
8,5	0,08	31,5
8,5	0,1	32,6
8,5	0,12	34,8



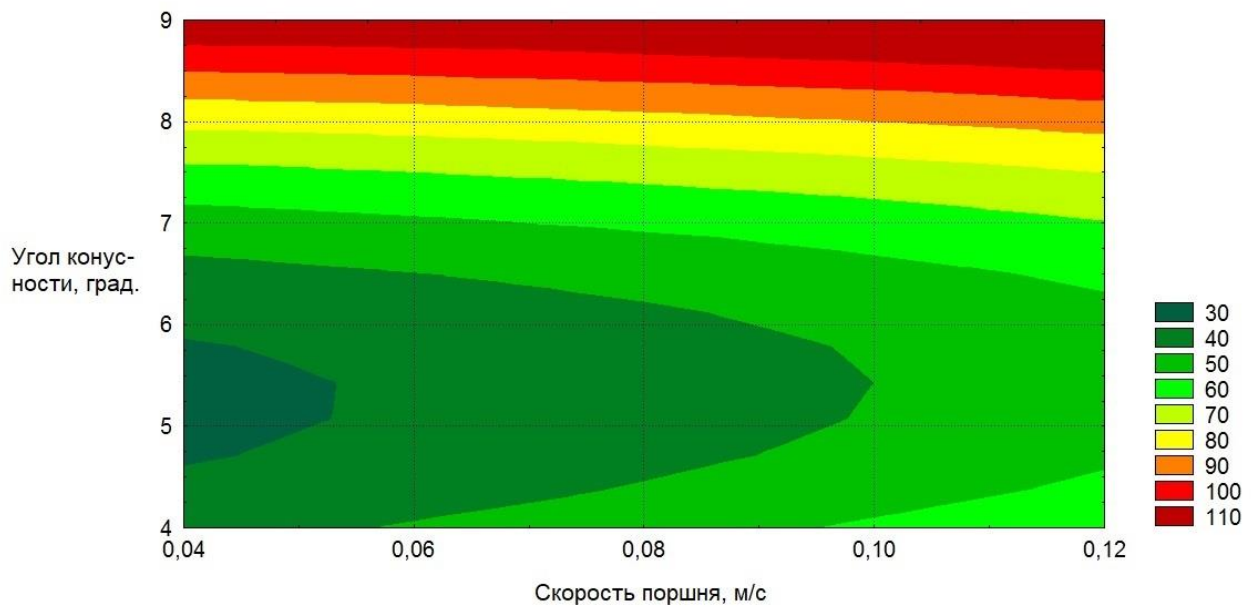
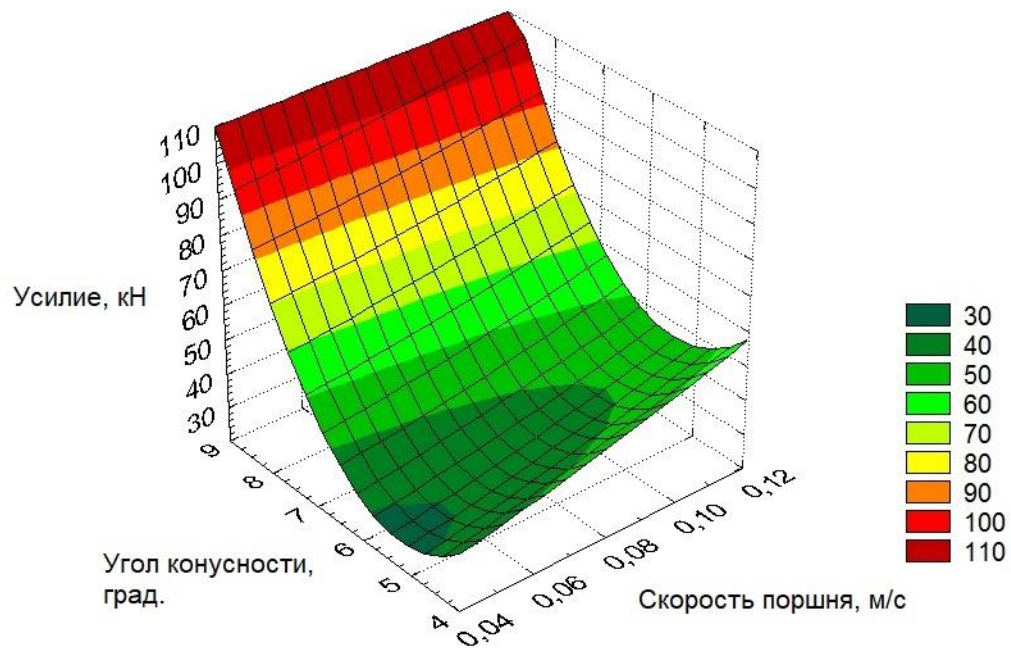
$$z = -2,775 + 135,054x - 3,786y - 471,428x^2 + 3,35xy + 0,776y^2$$

$$z = -2,775 + 135,054x - 3,786y - 471,428x^2 + 3,35xy + 0,776y^2$$

$$R^2 = 0,9523$$

6. F, кН от  $\alpha$ , град. и V, м/с материал древесная щепа

$\alpha$ , град	V, м/с	F, кН
4,5	0,04	31
4,5	0,06	32
4,5	0,08	34
4,5	0,1	38
4,5	0,12	43,6
5,5	0,04	33
5,5	0,06	39
5,5	0,08	43
5,5	0,1	48
5,5	0,12	54
6,5	0,04	37
6,5	0,06	43,2
6,5	0,08	46,7
6,5	0,1	51
6,5	0,12	59
7,5	0,04	41,1
7,5	0,06	46
7,5	0,08	50
7,5	0,1	56,1
7,5	0,12	62
8,5	0,04	-
8,5	0,06	-
8,5	0,08	-
8,5	0,1	-
8,5	0,12	-



$$z = 176,696 + 267,489x - 60,286y + 739,286x^2 - 30,75xy + 5,874y^2$$

$$z = 176,696 + 267,489x - 60,286y + 739,286x^2 - 30,75xy + 5,874y^2$$

$$R^2 = 0,892$$

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11)**219 973**<sup>(13)</sup> **U1**(51) МПК  
*B65B 3/12* (2006.01)  
*B30B 9/30* (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
*B30B 9/30* (2023.02); *B65B 3/12* (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2022131485, 01.12.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
01.12.2022Дата регистрации:  
16.08.2023Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 01.12.2022

(45) Опубликовано: 16.08.2023 Бюл. № 23

Адрес для переписки:  
410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина,  
зд. 4, стр. 3, ФГБОУ ВО Вавиловский  
университет, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Смотряков Дмитрий Андреевич (RU),  
Павлов Павел Иванович (RU),  
Смотряков Андрей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Саратовский государственный  
университет генетики, биотехнологии и  
инженерии имени Н.И. Вавилова" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2228605 C2, 20.05.2004. RU  
2084347 C1, 20.07.1997. RU 2010724 C1,  
15.04.1994. US 1719806 A1, 02.07.1929. US 3481268  
A1, 02.12.1969. US 3802337 A1, 09.04.1974.

## (54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАПОЛНЕНИЯ ПАКЕТОВ СУБСТРАТОМ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ГРИБОВ

(57) Реферат:

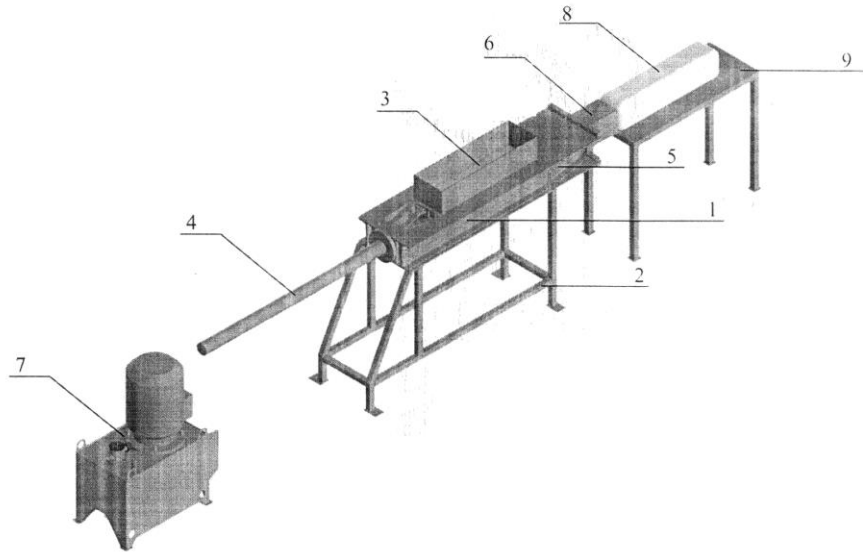
Полезная модель относится к сельскохозяйственной технике и может быть использована для наполнения пакетов субстратом для выращивания грибов. Устройство содержит установленный на раме корпус с камерой загрузки и камерой прессования, имеющей разгрузочное отверстие. На корпусе закреплен гидроцилиндр с поршнем, который перемещается в камере прессования. Камера прессования имеет переменное сечение, сужающееся в сторону разгрузочного отверстия. Поршень выполнен в

виде основания и внешней и внутренней рабочих пластин. Пластины соприкасаются между собой и шарнирно закреплены на основании посредством рычагов с возможностью перемещения относительно друг друга с обеспечением изменения ширины поршня. Длина рычагов внешней пластины больше длины рычагов внутренней пластины на величину толщины последней. В результате обеспечивается однородная плотность полученного субстратного блока. 2 ил.

RU 219973 U1

RU 219973 U1





Фиг.1

RU 219973 U1

RU 219973 U1

RU 219 973 U1

Полезная модель относится к области сельскохозяйственной техники и может быть использована для наполнения пакетов субстратом для выращивания грибов.

Известна машина (Патент №2010724, МПК В30В 9/30, опубл. 15.04.1994 г.), которая содержит установленную на основании прессовую камеру, жестко связанную с  
5 основанием вертикальную стойку, в верхней части которой установлен поворотный стакан, жестко связанный посредством кронштейна с рабочим гидроцилиндром с прессующей плитой на конце штока. Недостатком данной машины является

неравномерная плотность получаемых блоков и недостаточная производительность. Наиболее близким по технической сущности аналогом - прототипом к заявляемому  
10 устройству, является конструкция (Патент №2228605, МПК А01G 1/04, опубл. 20.05.2004 г.). Недостатком данной машины является неравномерная плотность получаемых блоков и недостаточная производительность.

Технической задачей предлагаемой полезной модели является улучшение качества наполнения грибным субстратом полиэтиленового пакета и повышение  
15 производительности.

Техническим результатом полезной модели является однородная плотность субстратного блока за счет равномерности наполнения грибным субстратом полиэтиленового пакета, и повышение производительности за счет одного рабочего органа - гидроцилиндра с поршнем.

Техническая задача решается, а технический результат достигается в устройстве для наполнения пакетов грибным субстратом, содержащем установленный на раме корпус с камерой загрузки, камерой прессования, имеющей разгрузочное отверстие и закрепленный на корпусе гидроцилиндр с поршнем, установленным с возможностью  
20 перемещения в камере прессования, отличающееся тем, что камера прессования выполнена с переменным сечением, сужающимся в сторону разгрузочного отверстия, а поршень гидроцилиндра выполнен в виде основания и внешней и внутренней рабочих пластин, соприкасающихся между собой и шарнирно закрепленных на основании  
25 посредством рычагов с возможностью перемещения относительно друг друга с обеспечением изменения ширины поршня, при этом рычаги внешней рабочей пластины выполнены длиной, которая больше длины рычагом внутренней рабочей пластины на  
30 величину толщины последней.

Отличием от прототипа предлагаемой конструкции является то, что камера прессования имеет переменное сечение, сужающееся к разгрузочному отверстию, а поршень выполнен в виде двух подвижных соприкасающихся рабочих пластин с  
35 возможностью перемещения относительно друг друга, шарнирно закрепленных на основании при помощи рычагов, причем длина рычагов внешней пластины больше длины рычагов внутренней пластины на величину, равную толщине пластины, при этом конструкция поршня позволяет при рабочем ходе менять свою ширину.

На фиг.1 представлен общий вид устройства для наполнения пакетов грибным  
40 субстратом.

На фиг.2 представлено устройство поршня.

Устройство для наполнения пакетов субстратом для выращивания грибов (фиг.1) содержит корпус 1, раму 2, камеру загрузки 3, гидроцилиндр с поршнем 4, камеру прессования 5, разгрузочное отверстие 6, масляную станцию 7, полиэтиленовый пакет  
45 8, стол для наполненного субстратом пакета 9. Корпус 1 установлен на раму 2. На корпусе пресса закреплен гидроцилиндр с поршнем 4, для обеспечения работы гидроцилиндра с поршнем используется масляная станция 12. Камера прессования 5 переменного сечения выполнена трапецидальной формы, с узкой стороны которой

RU 219 973 U1

расположено разгрузочное отверстие 6. Для получения равномерного наполнения пакета субстратом 8 камера прессования 5 выполнена переменного сечения с сужением в сторону разгрузочного отверстия. Для удобства наполнения пакет с субстратом 8, при наполнении, опирается на стол 9. Для прессования субстрата, поршень (фиг.2) выполнен в виде двух подвижных соприкасающихся рабочих пластин 10, 11 с возможностью перемещения относительно друг друга, шарнирно закрепленных на основании 12 при помощи рычагов 13, 14 при этом длина рычагов 13 внешней пластины больше величины рычагов 14 внутренней на толщину последней.

Работает устройство для наполнения пакетов грибным субстратом следующим образом. Исходное положение: шток гидроцилиндра с поршнем 4 втянут, поршень находится в открытой камере загрузки 3. Субстрат поступает в камеру загрузки 3, а из нее в корпус 1. На разгрузочное отверстие 6 надевается полиэтиленовый пакет 8. При включении устройства поршень начинает двигаться в сторону разгрузочного отверстия 6, смещая субстрат к камере прессования 5. Далее субстрат и поршень попадают в камеру прессования 5, имеющую уменьшающееся сечение в сторону разгрузочного отверстия 6. Субстрат, выталкиваемый поршнем при прохождении через сужение, сжимается и через разгрузочное отверстие 6 наполняется в полиэтиленовый пакет 8. При движении поршня по камере прессования внешняя и внутренняя рабочие пластины 10, 11 смещаются относительно друг друга благодаря шарнирному креплению на основании 12 при помощи рычагов 13, 14 внешней и внутренней пластин, за счет смещения пластин обеспечивается движение поршня по сужающейся камере прессования, обеспечивается во время работы изменение ширины поршня.

Благодаря такой конструкции достигаются следующие преимущества данного устройства: равномерность наполнения грибным субстратом полиэтиленового пакета, однородная плотность субстратного блока, за счет плавного перемещения по камере сжатия, так как в ней отсутствуют препятствующие перемещению выступы и провалы. Сначала субстрат сжимается одним рабочим органом вертикально, а затем вторым рабочим органом продвигается горизонтально. Это дает неравномерность наполнения пакета грибным субстратом и увеличивает время наполнения пакета. Кроме того, неравномерность наполнения в устройстве-прототипе возникает из-за работы устройства в двух плоскостях, в то время как в предлагаемой полезной модели перемещение грибного субстрата осуществляется равномерно в одной горизонтальной плоскости. А производительность устройства повышается за счет использования одного рабочего органа - гидроцилиндра с поршнем, в то время как в прототипе используется два рабочих органа - гидроцилиндры с поршнями, что увеличивает время наполнения пакетов субстратом.

Таким образом, заявленная полезная модель, по мнению авторов, соответствует критериям патентоспособности.

(57) Формула полезной модели

Устройство для наполнения пакетов грибным субстратом, содержащее установленный на раме корпус с камерой загрузки, камерой прессования, имеющей разгрузочное отверстие, и закрепленный на корпусе гидроцилиндр с поршнем, установленным с возможностью перемещения в камере прессования, отличающееся тем, что камера прессования выполнена с переменным сечением, сужающимся в сторону разгрузочного отверстия, а поршень гидроцилиндра выполнен в виде основания и внешней и внутренней рабочих пластин, соприкасающихся между собой и шарнирно закрепленных на основании посредством рычагов с возможностью перемещения относительно друг

RU 219 973 U1

друга с обеспечением изменения ширины поршня, при этом рычаги внешней рабочей пластины выполнены длиной, которая больше длины рычагов внутренней рабочей пластины на величину толщины последней.

5

10

15

20

25

30

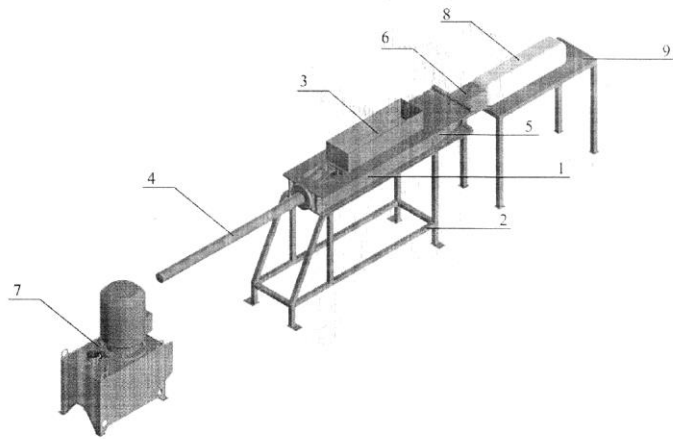
35

40

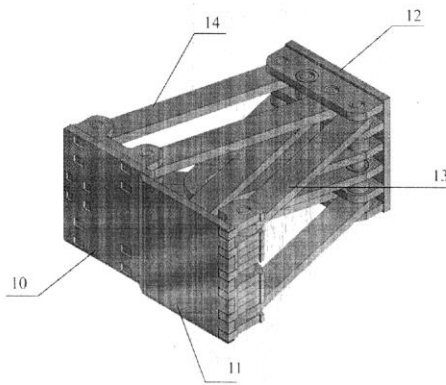
45

RU 219973 U1

1



Фиг.1



Фиг.2

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11)

2 828 380<sup>(13)</sup> C1(51) МПК  
В30В 9/30 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
В30В 9/30 (2024.08)

(21)(22) Заявка: 2024107156, 19.03.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
19.03.2024Дата регистрации:  
10.10.2024Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 19.03.2024

(45) Опубликовано: 10.10.2024 Бюл. № 28

Адрес для переписки:  
410012, г. Саратов, пр-кт им. Петра Столыпина,  
зд. 4, стр. 3, ФГБОУ ВО СГУГБТИ,  
Анфиногенова Ольга Николаевна(72) Автор(ы):  
Павлов Павел Иванович (RU),  
Смотряков Дмитрий Андреевич (RU),  
Курунин Виталий Анатольевич (RU)(73) Патентообладатель(и):  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Саратовский государственный  
университет генетики, биотехнологии и  
инженерии имени Н.И. Вавилова" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2228605 C2, 20.05.2004. RU 219973  
U1, 16.08.2023. RU 2207957 C1, 10.07.2003. FR  
2237430 A7, 07.02.1975. EP 587016 A1, 16.03.1994.

(54) Устройство для наполнения пакетов субстратом для выращивания грибов

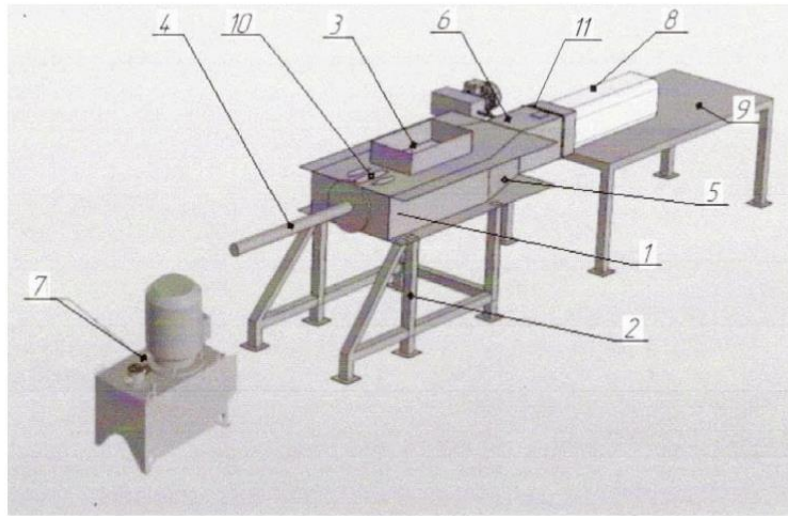
(57) Реферат:

Изобретение относится к области сельскохозяйственной техники и может быть использовано для формирования субстратных блоков из грибного субстрата. Устройство для наполнения пакетов грибным субстратом содержит корпус, раму, камеру загрузки, гидроцилиндр с поршнем, масляную станцию, камеру прессования, фильеру, стол для наполненного субстратом пакета. Фильера дополнительно снабжена упорной заслонкой и датчиком давления. Фильера имеет пазы и

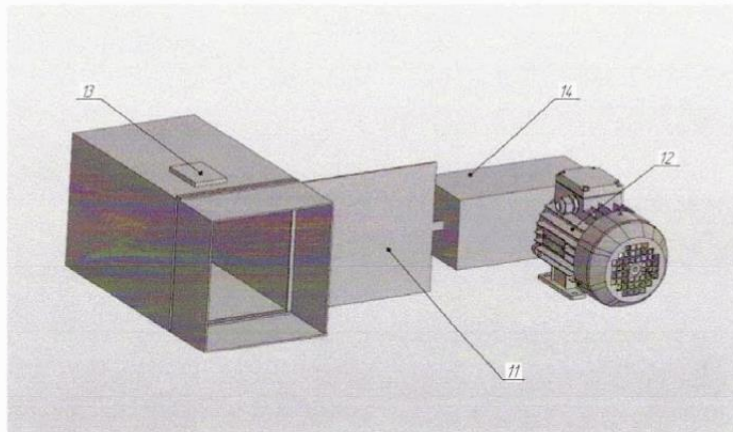
направляющие для движения заслонки. Заслонка выполнена в виде профильной пластины с ребрами жесткости и упорными уплотнениями по краям, причем край пластины, противоположный краю, входящему в фильеру, соединен с механизмом привода, управляемым от датчика давления. Изобретение обеспечивает возможность получения однородной плотности субстратного блока и возможность регулирования величины плотности субстратных блоков. 2 ил.

RU 2 828 380 C 1

RU 2 828 380 C 1



Фиг. 1



Фиг. 2

RU 2828380 C1

RU 2828380 C1



RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY(19) **RU** (11) **2 828 380**<sup>(13)</sup> **C1**(51) Int. Cl.  
*B30B 9/30* (2006.01)(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(52) CPC  
*B30B 9/30 (2024.08)*

(21)(22) Application: 2024107156, 19.03.2024

(24) Effective date for property rights:  
19.03.2024Registration date:  
10.10.2024Priority:  
(22) Date of filing: 19.03.2024

(45) Date of publication: 10.10.2024 Bull. № 28

Mail address:  
410012, g. Saratov, pr-kt im. Petra Stolypina, zd.  
4, str. 3, FGBOU VO SGUGBTI, Anfinogenova  
Olga Nikolaevna

(72) Inventor(s):

Pavlov Pavel Ivanovich (RU),  
Smotriakov Dmitrii Andreevich (RU),  
Kurunin Vitalii Anatolevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federalnoe gosudarstvennoe biudzhetnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniia "Saratovskii gosudarstvennyi  
universitet genetiki, biotekhnologii i inzhenerii  
imeni N.I. Vavilova" (RU)(54) **DEVICE FOR FILLING BAGS WITH MUSHROOM GROWING SUBSTRATE**

(57) Abstract:

FIELD: agricultural machinery.

SUBSTANCE: invention relates to agricultural equipment and can be used to form substrate blocks from mushroom substrate. Device for filling bags with mushroom substrate includes housing, frame, loading chamber, hydraulic cylinder with piston, oil station, pressing chamber, spinneret, table for bag filled with substrate. Spinneret is additionally equipped with a shutter gate and a pressure sensor. Spinneret has slots and guides for the shutter movement. Shutter is made

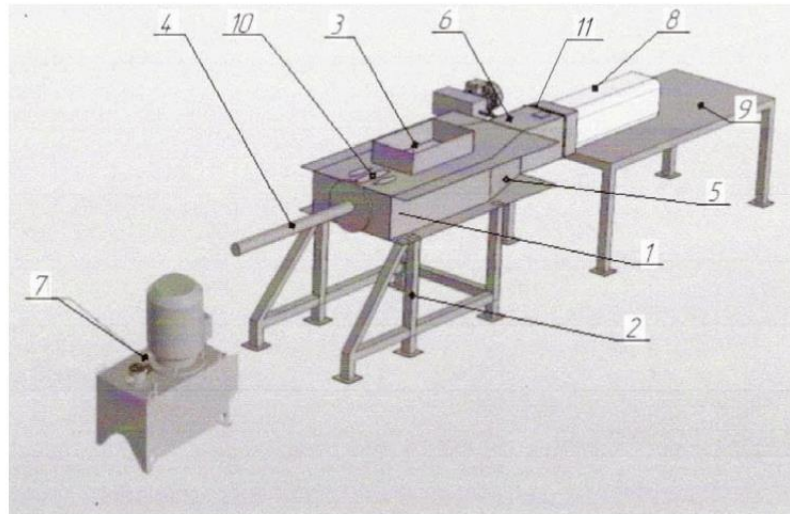
in the form of a shaped plate with stiffening ribs and thrust seals along the edges; at that, the edge of the plate, which is opposite to the edge entering the spinneret, is connected to the drive mechanism controlled by the pressure sensor.

EFFECT: invention enables to obtain a uniform density of the substrate block and the possibility of controlling the density of the substrate blocks.

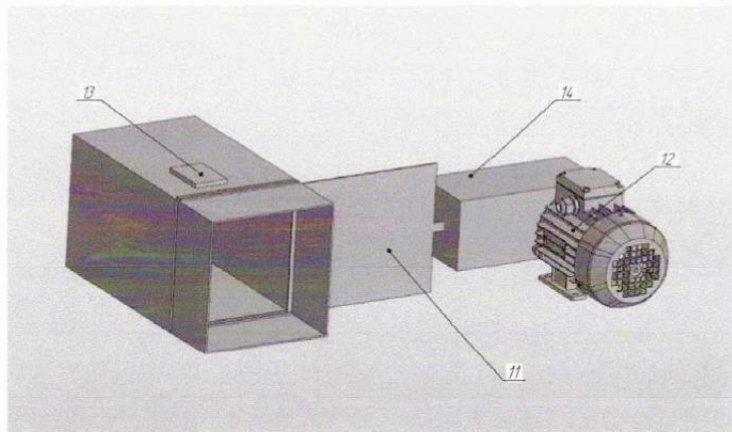
1 cl, 2 dwg

RU 2 8 2 8 3 8 0 C 1

RU 2 8 2 8 3 8 0 C 1



Фиг.1



Фиг. 2

RU 2828380 C1

RU 2828380 C1

RU 2 828 380 C1

Настоящее изобретение относится к области сельскохозяйственной техники и может быть использовано для формирования субстратных блоков из грибного субстрата.

Известна машина (Патент №2010724, МПК В30В 9/30, опубл. 15.04.1994 г.), которая содержит установленную на основании прессовую камеру, жестко связанную с  
5 основанием вертикальную стойку, в верхней части которой установлен поворотный стакан, жестко связанный посредством кронштейна с рабочим гидроцилиндром с прессующей плитой на конце штока.

Недостатком данной машины является неравномерная плотность получаемых блоков и недостаточная производительность.

10 Наиболее близким по технической сущности аналогом - прототипом к заявляемому устройству является конструкция (Патент №2228605, МПК А01G 1/04, опубл. 20.05.2004 г.).

Недостатком данной машины является неравномерная плотность получаемых субстратных блоков.

15 Техническим результатом предлагаемого изобретения является однородная плотность субстратного блока и возможность регулировать величину плотности субстратных блоков.

Технической задачей предлагаемого изобретения является повышение качества изготовления субстратных блоков и возможность регулирования их плотности.

20 Техническая задача решается, а технический результат достигается в устройстве для наполнения пакетов субстратом для выращивания грибов, содержащим корпус, раму, камеру загрузки, гидроцилиндр с поршнем, масляную станцию, камеру прессования и фильеру, за счет установки в камере сжатия переменного сечения сужающейся к фильере, заслонки и датчика давления для контроля плотности изготавливаемых блоков, при  
25 чем в фильере имеются пазы и направляющие для движения заслонки, а заслонка снабжена механизмом привода и передаточным устройством, при этом активация механизма привода и последующее движение заслонки происходит от блока управления, в который поступает сигнал от датчика давления.

Отличием от прототипа предлагаемой конструкции является то, что в камере сжатия,  
30 имеющей переменное сечение, сужающееся к фильере, дополнительно установлена заслонка и датчик давления. Фильера также снабжена пазами и направляющими. Заслонка, имеющая свой механизм привода и передаточное устройство, выполнена в виде профильной пластины с упорными уплотнениями по краям, совместно с датчиком давления и блоком управления позволяет регулировать величину плотности субстратных  
35 блоков.

На **фиг. 1** представлен общий вид устройства для наполнения пакетов грибным субстратом. На **фиг. 2** представлено устройство заслонки.

Устройство для наполнения пакетов субстратом для выращивания грибов (фиг. 1) содержит корпус 1, раму 2, камеру загрузки 3, гидроцилиндр с поршнем 4, камеру  
40 прессования 5, фильеру 6, масляную станцию 7, полиэтиленовый пакет 8, стол для наполненного субстратом пакета 9. Фильера дополнительно снабжена упорной заслонкой 11 в виде профильной пластины с ребрами жесткости и упорными уплотнениями по краям и датчиком давления 13 перед заслонкой и блок управления 14. При этом край пластины противоположный краю входящему в фильеру соединен  
45 с механизмом привода 12. Корпус 1 установлен на раму 2. К корпусу пресса закреплен гидроцилиндр с поршнем 4, для работы гидроцилиндра с поршнем используется масляная станция. С узкой стороны камеры прессования 5 расположена фильера 6. Для удобства наполнения пакет с субстратом 8, при наполнении, опирается на стол 9. Для

RU 2 828 380 C1

прессования субстрата используется поршень 10 с подвижными пластинами.

Работает устройство для наполнения пакетов грибным субстратом следующим образом. Исходное положение: шток гидроцилиндра 4 с поршнем 10 втянут. Поршень 10 находится в открытой камере загрузки 3. Субстрат поступает в камеру загрузки 3, а из нее в корпус 1. Фильтра 6 закрыта упорной заслонкой 11. На фильтре 6 надевается полиэтиленовый пакет 8. При включении устройства поршень начинает двигаться в сторону фильтра 6, смещая субстрат к камере прессования 5. Далее субстрат и поршень 10 попадают в камеру прессования 5, имеющую уменьшающееся сечение в сторону фильтра 6. Субстрат, выталкиваемый поршнем при прохождении через сужение, сжимается, упираясь в упорную заслонку 11. При достижении необходимой плотности с датчика давления 13 подается сигнал в блок управления 14, запускается механизм привода 12, заслонка 11 убирается и через фильтр субстрат с заданной плотностью наполняет полиэтиленовый пакет 8.

Благодаря такой конструкции достигаются следующие преимущества данного устройства: равномерность наполнения полиэтиленового пакета субстратного блока с заданной плотностью.

#### (57) Формула изобретения

Устройство для наполнения пакетов грибным субстратом, содержащее корпус, раму, камеру загрузки, гидроцилиндр с поршнем, масляную станцию, камеру прессования, фильтр, стол для наполненного субстратом пакета, отличающееся тем, что фильтра дополнительно снабжена упорной заслонкой и датчиком давления, при этом фильтра имеет пазы и направляющие для движения заслонки, заслонка выполнена в виде профильной пластины с ребрами жесткости и упорными уплотнениями по краям, причем край пластины, противоположный краю, входящему в фильтр, соединен с механизмом привода, управляемым от датчика давления.

30

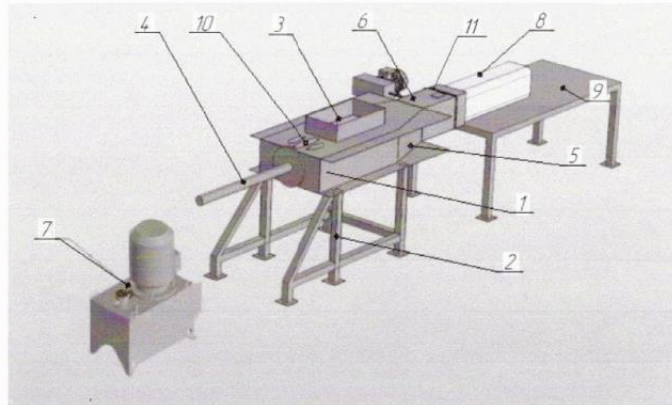
35

40

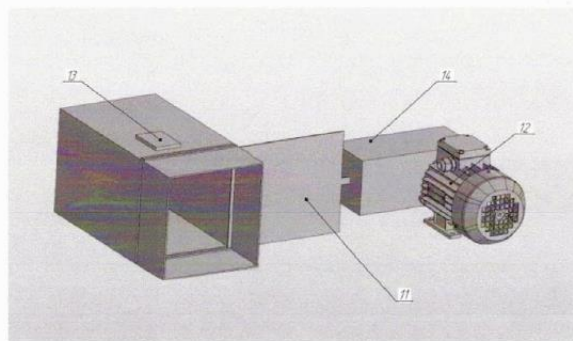
45

RU 2 828 380 C1

1



Фиг.1



Фиг. 2





«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

ООО «ДЕРЛИ»

Р.С. Березовский

АКТ

### внедрения законченной научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся, генеральный директор ООО «Дерли» Березовский Р.С. и представитель ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», исполнитель работ аспирант Смотряков Д.А. составили настоящий акт в том, что результаты научно-исследовательской работы и опытно-конструкторской работы на тему: «Повышение эффективности процесса формирования субстратных блоков для выращивания грибов путем обоснования параметров и разработки поршневого пресса», выполненной на кафедре «Техническое обеспечение АПК», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, внедрены в ООО «Дерли» путем использования в течении трех месяцев 2024 года разработанной по результатам исследований машины для формирования субстратных блоков.

Использование машины для формирования субстратных блоков позволило повысить механизацию процесса формирования субстратных блоков, сократив применение ручного труда, что дало возможность предприятию получить годовой экономический эффект в размере 328611 рублей.

Машину для формирования субстратных блоков следует рекомендовать к внедрению в хозяйствах, занимающихся выращиванием грибов.

Исполнитель работ

Д.А. Смотряков

Генеральный директор

ООО «ДЕРЛИ»



Р.С. Березовский



«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

ООО «ДЕРЛИ»

Р.С. Березовский

**АКТ****хозяйственных испытаний машины для формирования субстратных блоков**

Комиссия в составе: председателя комиссии, главного технолога Урунчикова Ю.А. и членов комиссии: инженера Астафьева Е.С., профессора Павлова П.И., аспиранта Смотрякова Д.А. составила настоящий акт на хозяйственные испытания и производственную проверку разработанного на кафедре «Техническое обеспечение АПК» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова» опытного образца **машины для формирования субстратных блоков** для выращивания грибов.

Испытания и производственная проверка опытного образца машины для формирования субстратных блоков проводилась в период с 30 января по 30 апреля 2024 года.

При испытании машины для формирования субстратных блоков получены следующие показатели:

№	Параметры	Размерность	Значение
1.	Производительность в час чистого времени	т/ч	0,75
2.	Обслуживающий персонал	чел	2
3.	Расход электропитания	кВ/ч	5,5

По результатам производственных испытаний комиссия пришла к выводу, что предлагаемую конструкцию машины для формирования



субстратных блоков рекомендовано использовать в грибоводческих хозяйствах.

Подписи:

**Председатель комиссии:**

Главный технолог



Урунчиков Ю.А.

**Члены комиссии:**

Инженер



Астафьев Е.С.

Профессор



Павлов П.И.

Аспирант



Смотряков Д.А.