

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

*На правах рукописи*

**Азизов Ирек Раилевич**

**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОЛИВА ГРИБОВ В ТЕПЛИЧНЫХ  
УСЛОВИЯХ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ УСТАНОВКИ ПОЛИВА,  
ОБОРУДОВАННОЙ ВЕЕРНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ НАСАДКОЙ**

4.3.1 – Технологии, машины и оборудование  
для агропромышленного комплекса

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
кандидат технических наук, доцент  
Русинов Алексей Владимирович

Саратов 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	10
1.1 Анализ грибоводства в России .....	11
1.2 Качественная характеристика шампиньонов .....	13
1.3 Требования к условиям при выращивании шампиньонов.....	14
1.4 Требования технологического процесса к проведению полива .....	17
1.5 Состав субстрата .....	18
1.6 Обзор поливных устройств .....	20
1.7 Обзор дождевальных насадок .....	23
1.8 Выводы по главе .....	31
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЕЕРНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ НАСАДКИ .....	32
2.1 Предлагаемая конструкция поливной установки с веерной дождевальной насадкой .....	32
2.2 Обоснование параметров полива шампиньонов .....	35
2.3 Теоретическое обоснование геометрических параметров сопла веерной дождевальной насадки .....	40
2.3.1 Параметры потока после схода с сопла .....	42
2.3.2 Определение траектории капли .....	43
2.3.3 Определение угла раскрытия сопла $\gamma$ , при котором капля попадает в точку с заданными координатами $x$ и $z$ .....	44
2.3.4 Определение высоты сопла $a$ , при которой обеспечивается перекрытие зоны полива .....	46
2.3.5 Определение ширины сопла $b$ , при которой обеспечивается равномерное распределение интенсивности дождя $I$ по всей зоне полива .....	46
2.3.6 Определение равномерности полива $\sigma$ .....	51
2.3.7 Определение скорости перемещения установки полива $v_{\text{пол}}$ , обес- печивающей полив с требуемой интенсивностью дождя.....	53
2.4 Выводы по главе .....	55
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ .....	57
3.1 Техническая база объекта проведения исследований .....	57
3.2 Программа оценки работы установки полива .....	58
3.3 Методика исследования качественных показателей полива веерными дождевальными насадками .....	58
3.4 Методика лабораторно-производственных испытаний установки по- лива .....	65

3.5 Математическая обработка экспериментальных данных и их статистическая оценка .....	70
3.6 Выводы по главе .....	73
<b>4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТАНОВКИ ПОЛИВА ОБОРУДОВАННОЙ ВЕЕРНЫМИ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ НАСАДКАМИ .....</b>	<b>74</b>
4.1 Исследования агротехнических показателей покровного материала и субстрата для выращивания шампиньонов .....	74
4.2 Расход воды веерной дождевальной насадкой .....	75
4.3 Дальность полета капель при поливе веерными дождевальными насадками .....	77
4.4 Средняя интенсивность дождя при поливе веерной дождевальной насадкой .....	78
4.5 Размеры капель дождя, создаваемые веерными дождевальными насадками .....	79
4.6 Равномерность полива поливной установкой, оборудованной веерной дождевальной насадкой с переменной формой сопла .....	82
4.7 Выводы по главе .....	88
<b>5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТАНОВКИ ПОЛИВА ШАМПИНЬОНОВ .....</b>	<b>89</b>
5.1 Производственные испытания установки полива, оборудованной веерной дождевальной насадкой с переменной формой сопла .....	89
5.2 Производственно-техническая характеристика хозяйства .....	90
5.3 Применение установки полива, оборудованной веерной дождевальной насадкой при выращивании шампиньонов .....	92
5.4 Технологическая карта производственного процесса выращивания и сбора шампиньонов .....	94
5.5 Экономическая эффективность выращивания шампиньонов при применении установки полива, оборудованной веерной дождевальной насадкой .....	99
5.6 Выводы по главе .....	99
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>101</b>
<b>РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ .....</b>	<b>102</b>
<b>ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ .....</b>	<b>102</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>103</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ .....</b>	<b>121</b>

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Основными задачами сельскохозяйственного производства являются обеспечение населения продукцией растениеводства и выполнение Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации, согласно которой развитие грибоводческой отрасли имеет большое значение.

В Российской Федерации ежегодно увеличивается объем производства шампиньонов, что позволило за последние пять лет повысить их производство в пять раз [122]. Однако увеличивающийся объем производства шампиньонов сопровождается рядом трудностей.

Для получения стабильно высоких урожаев шампиньонов следует соблюдать ряд условий, особенно это касается влажности. Поскольку плодовое тело этого гриба содержит от 88 до 94 % воды [23, 36, 37, 48, 53, 73, 116, 137], то для его роста необходимо, чтобы содержание воды в субстрате и покровном материале составляло 65–85 % предельной полевой влагоемкости (ППВ) [41, 48]. В процессе роста мицелий шампиньона потребляет воду как из субстрата, так и из слоя покровного материала. Требуемую влажность субстрата и покровного материала обеспечивают путём проведения регулярных поливов в течение всего периода выращивания грибов [65–67, 70, 140].

При культивировании шампиньонов важно определить режим полива, который в значительной мере влияет на выход грибов и их качество. Необходим дифференцированный подход к обеспечению оптимального уровня влагосодержания покровного материала в зависимости от фазы роста и развития шампиньонов [45, 54, 122, 141–146].

В настоящее время полив шампиньонов выполняют ручным или автоматизированным способом с использованием дождеобразующих устройств. Однако применяемые в производстве грибов дефлекторные, каскадные и струйные дождевальные насадки не обеспечивают требуемых качественных показателей дождя. Они характеризуются низкой равномерностью полива и создают дождь высокой

интенсивности с большим диаметром капель. Это приводит к снижению урожая и ухудшению товарного вида шампиньонов.

В связи с вышеизложенным совершенствование конструкции дождеобразующего устройства, позволяющего повысить качественные показатели дождя, является актуальной научной задачей.

**Степень разработанности темы.** Вопросами, связанными с повышением качественных показателей дождя, создаваемого дождеобразующими устройствами, занимались такие ученые, как: А. П. Исаев, Б. М. Лебедев, Г. В. Ольгаренко, В. И. Ольгаренко, Н. Ф. Рыжко, А. И. Рязанцев, Ю. Ф. Снопич, Л. А. Журавлева, Абуд Фауаз Хаджи, С. С. Авдеенко, Е. Г. Александрова, М. И. Дулов, Т. Г. Лазарева, О. С. Крючкова, А. А. Шульгина, М. Е. Аралова, К. В. Порошин, М. Р. Оразбердиева, Э. К. Атаев, Г. А. Гурбанова, О. Б. Дараков, Л. А. Девочкин, Н. Л. Девочкина, Р. Д. Нурметов, Л. И. Долгих. Анализ их работ позволяет оценить влияние конструктивно-технологических параметров дождеобразующего устройства на качественные показатели дождя. Однако остается ряд нерешенных вопросов, связанных с обоснованием конструктивных параметров дождеобразующих устройств, устанавливаемых в стесненных условиях культивационных камер, в которых выращивают шампиньоны.

Процесс формирования дождя дождевальными насадками, установленными в культивационных камерах, рассматривался как целостный, с круговым покрытием зоны полива. Но вследствие конструктивных особенностей расположения стеллажей в культивационных камерах полив необходимо осуществлять сбоку, что требует разработки новой конструкции дождеобразующего устройства. Проведенные исследования, направленные на совершенствование дождеобразующего устройства, позволили разработать конструкцию веерной дождевальной насадки с переменной формой сопла и обосновать ее конструктивные параметры.

**Цель работы** – повышение качественных показателей при поливе шампиньонов в культивационной камере путем обоснования рациональных конструктивных параметров веерной дождевальной насадки.

**Задачи исследования:**

1. Провести анализ технологий выращивания грибов с применением устройств полива и определить способы и направления развития дождеобразующих устройств, обеспечивающих полив шампиньонов в культивационной камере с требуемыми качественными показателями дождя.

2. Разработать дождевальную насадку, обеспечивающую создание дождя с требуемыми качественными показателями (равномерность полива, интенсивность дождя и диаметр капель), и провести теоретическое обоснование ее конструктивных параметров.

3. Провести экспериментальные исследования, направленные на оценку влияния конструктивных параметров веерной дождевальной насадки на равномерность полива и диаметр капель.

4. Дать производственную оценку и определить экономическую эффективность использования установки полива с разработанной конструкцией веерной дождевальной насадки с переменным сечением сопла при поливе грибов, выращиваемых в культивационной камере.

**Объект исследования** – технологический процесс полива установкой, оснащенной веерной дождевальной насадкой с переменным сечением сопла.

**Предмет исследования** – зависимости и взаимосвязь качественных показателей дождя, к которым относятся равномерность полива и диаметр капель дождя, с конструктивными параметрами веерной дождевальной насадки с переменным сечением сопла.

**Научная новизна** заключается в следующем:

- разработана классификация дождевальных насадок, в которой предложена конструкция веерной дождевальной насадки с переменным сечением сопла, устанавливаемой на поливной установке (патент РФ на полезную модель № 218218);
- аналитические зависимости, определяющие угол раскрытия сопла, ширину и высоту переменным сечением сопла веерной дождевальной насадки, обеспечивающую полив с требуемыми равномерностью и интенсивностью дождя;

- аналитическая зависимость, определяющая диаметр капель дождя, создаваемого веерной дождевальной насадкой с переменным сечением сопла;
- экспериментальные зависимости влияния конструктивных параметров веерной дождевальной насадки с переменным сечением сопла на качественные показатели дождя.

**Теоретическая и практическая значимость работы.** Теоретическая значимость работы заключается в получении аналитических зависимостей конструктивных параметров веерной дождевальной насадки с переменной формой сопла, диаметра капель и интенсивности создаваемого дождя. Рассмотренный процесс истечения жидкости из сопла веерной дождевальной насадки позволил определить аналитические зависимости, отражающие влияние ширины, высоты и угла раскрытия сопла переменной формы на равномерность полива. Обеспечение постоянства и равномерности полива шампиньонов в культивационной камере дало возможность разработать оптимальный график поливов, а также получить аналитическую зависимость скорости движения поливной установки.

Практическая значимость выполненной работы заключается в том, что была создана, прошла производственные испытания и внедрена в ООО «Саргриб» (г. Саратов) новая конструкция веерной дождевальной насадки с переменной формой сопла, способной обеспечивать требуемые качественные показатели дождя при поливе шампиньонов в культивационной камере автоматизированной установкой. Результаты проведённых исследований рекомендуются для проектно-конструкторских предприятий при разработке и проектировании автоматизированных поливных установок, а также для предприятий, занимающихся выращиванием грибов в культивационных камерах.

**Методология и методы исследований.** В работе использованы основные методы и положения математического моделирования, статистической обработки данных и системный анализ. Теоретическое описание процессов истечения жидкости из сопла переменной формы дождевальной насадки и формирования дождя базировалось на основных законах и методах классической механики и гидравлики.

Экспериментальные исследования основывались на методах лабораторных и полевых опытов, проводимых с учетом требований методик СТО АИСТ 11.1-2010 и РД 70.11.1-89 по определению качественных показателей полива автоматизированной установкой, оснащенной веерными дождевальными насадками с переменной формой сопла.

**Научные положения, выносимые на защиту:**

- теоретические зависимости, описывающие влияние конструктивных параметров веерной дождевальной насадки с переменной формой сопла на равномерность распределения и интенсивность дождя по зоне полива;
- экспериментально-теоретическое обоснование влияния ширины и высоты сопла переменной формы дождевальной насадки на равномерность распределения и интенсивность дождя по зоне полива;
- экспериментально-теоретическое обоснование влияния изменения ширины сопла переменной формы дождевальной насадки на диаметр капель формируемого дождя.

**Степень достоверности и апробация работы.** Достоверность результатов выполненных экспериментов подтверждена необходимым количеством проведённых исследований и получением достаточного объема эмпирических данных; статистическими методами обработки данных с использованием современных программных продуктов; высокой степенью сходимости теоретических исследований; применением современных методик и государственных стандартов при проведении экспериментов, а также использованием поверенных измерительных приборов.

Основные положения диссертационной работы рассмотрены на ежегодных научно-практических конференциях по итогам научно-исследовательской работы профессорско-преподавательского и аспирантского состава ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова» (Саратов, 2020–2023 гг.); на VI Международной научно-практической конференции «Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции» Белорусского государственного аграрного технического университета (Минск, 2023 г.); на X



Международной научно-практической конференции «Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях» (Саратов, 2023 г.); на Международной научно-практической конференции «Вклад аграрных ученых в реализацию десятилетия науки и технологий в Российской Федерации» (Курган, 2023 г.).

**Публикации.** Основное содержание диссертации опубликовано в 11 научных работах, из них 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, получено 2 патента на полезную модель. Общий объем публикаций составляет 3,0 печ. л., из них 2,12 печ. л. принадлежат лично автору.

**Структура и объем диссертационной работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 144 страницах машинописного текста, содержит 13 таблиц, 63 рисунка и 7 приложений. Список литературы включает в себя 146 наименований, в том числе 11 на иностранных языках.

## 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Грибы являются низкокалорийным диетически значимым продуктом питания, который отличается повышенным содержанием полноценного пищевого белка. Они содержат также минеральные вещества (калий, фосфор, серу, магний, натрий, кальций, хлор) и витамины А (каротин), витамины группы В, витамин С, большие количества витаминов D и РР [129].

Шампиньоны содержат 88–92 % воды, они богаты также белками, минеральными веществами, органическими кислотами и комплексом витаминов групп А, В и С [65].

Современное производство съедобных культивируемых грибов (шампиньонов) – это высокомеханизированный процесс, предполагающий использование большой номенклатуры специализированного оборудования и средств малой механизации. Отечественная промышленность в настоящее время не создаёт оборудования для таких производств. Мировым лидером в этой области является голландская компания Christiaens Group.

Технологию выращивания шампиньонов подразделяют на 2 самостоятельных вида производства: выращивание только мицелий в специальных сооружениях и выращивание грибов с приготовлением субстрата и покровного материала [1, 24, 26, 35, 45, 65, 70].

В помещениях (шампиньонницах) должны быть соблюдены следующие условия [37, 35, 45, 65, 70]:

- теплоизоляция;
- соответствующая влажность;
- наличие водоснабжения и вентиляции;
- помещения не должны затапливаться грунтовыми, дождевыми и паводковыми водами;
- шахты и каменоломни должны быть сухими, не выделять вредных и взрывоопасных газов, иметь удобный подъезд, быть оборудованными системами водоснабжения, рабочего освещения и вентиляции.

Реализация современных проектов с использованием передовых технологий в этой области требует строительства культивационных объектов, отвечающих определенным параметрам, позволяющих размещать и эксплуатировать оборудование, механизмы и машины, предназначенные для обслуживания культуры. При этом исключается возможность приспособления готовых сооружений, которые по тем или иным причинам не используются по прямому назначению (например, коровники, птичники и др.).

Современные технологии производства субстрата для выращивания шампиньонов обеспечивают урожайность 15–22 кг/м<sup>2</sup> за один оборот культуры. Продолжительность одного оборота составляет около 49 дней [1, 24, 26, 35, 45, 65, 70].

### **1.1 Анализ грибоводства в России**

Промышленное выращивание грибов допускает полностью исключить сезонное потребление грибов, так как качественно организованное производство обеспечивает непрерывный выпуск товарной продукции в течение всего года [70].

История промышленного грибоводства России насчитывает не более 30 лет, в связи с этим рынок грибов и продуктов на их основе был занят иностранными компаниями [136]. Продовольственное эмбарго 2014 года дало начало развитию промышленного грибоводства в Российской Федерации. По данным [23], на 2023 г. отечественные производители грибной продукции практически полностью вытеснили импортных конкурентов. Согласно ФГБУ «Центр Агроаналитики», объем производства культивируемых грибов в Российской Федерации на конец 2023 г. в 9 раз превысил показатели 2018 г. и составил 84 тыс. т (рисунок 1.1).

Для промышленного выращивания пригодны шесть разновидностей грибов, основную часть в мировом производстве занимают шампиньоны (около 37 %). В российском грибоводстве на их долю приходится 90 % от всех выращиваемых грибов [37, 70].

Появление на рынке новых производителей способствует дальнейшему активному развитию грибоводства, снижению цены на продукцию, повышению ее конкурентоспособности, расширению ассортимента и развитию производственных процессов, в том числе с использованием новых технологий [36, 116].

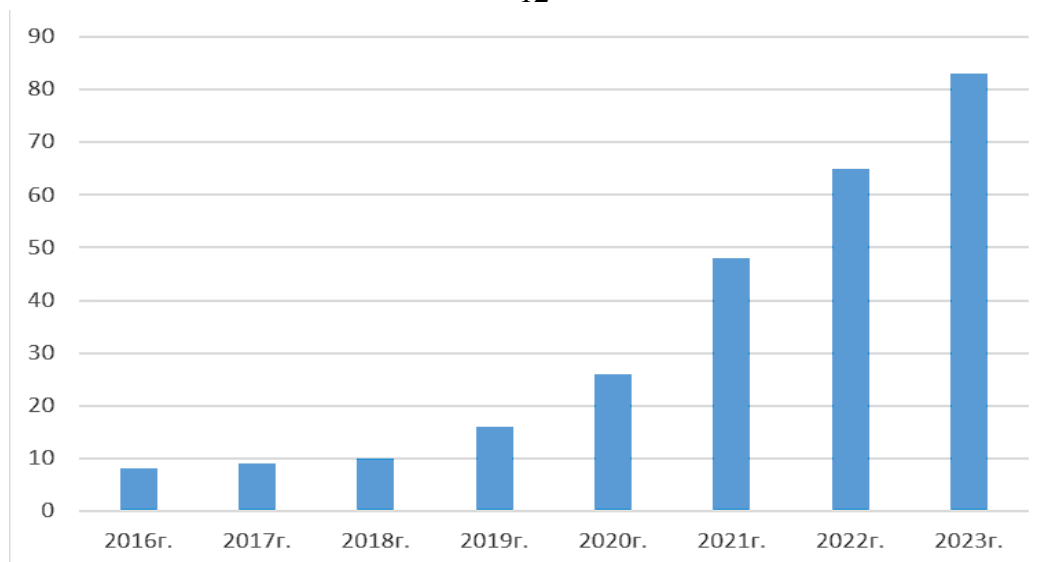


Рисунок 1.1 – Объёмы производства шампиньонов в РФ в 2016–2023 гг., тыс. т

Количество предприятий, занимающихся культивированием грибов, увеличивается с каждым годом. В настоящее время в России действует более 100 компаний по производству свежих грибов [48]. Однако несмотря на большое количество предприятий, грибной рынок в значительной степени формируется за счет небольшой доли (около 10 % общего количества) многофункциональных грибных комплексов, которые могут производить в среднем около 5000 т продукции в год [54].

Из-за высокой плотности населения, а также его высокой покупательной способности производство грибов сконцентрировано вокруг промышленных центров. Это, например, Московская, Белгородская, Ленинградская, Волгоградская, Самарская и Калининградская области (рисунок 1.2) [67].



Рисунок 1.2 – Производство грибов в Российской Федерации в 2023 г., тыс. т

Анализ развития грибоводства, а именно промышленного культивирования шампиньонов, показывает перспективность данного направления производственной деятельности. Отмечаются активное развитие грибоводства на территории России за последние двадцать лет, тенденции повышения доли экспорта в страны СНГ отечественного продукта, а также увеличение общей доли экспорта грибов среди всего экспортного продукта.

## **1.2 Качественная характеристика шампиньонов**

Оценка качества любого товара осуществляется на основе анализа его органолептических и физико-химических характеристик. Органолептические показатели включают в себя внешний вид, окраску, вкус, запах, спелость и размер продукта. Анализ физико-химических показателей шампиньонов предусматривает определение наличия почвы и сорных примесей, оценку кислотности, общего содержания воды и витамина С.

При органолептической характеристике шампиньонов руководствуются ГОСТ Р 56827-2015 [25].

Внешний вид грибов является важным фактором при их выборе. Только целые, чистые и сухие грибы, обладающие здоровой упругостью, заслуживают внимания покупателей. Ножки могут быть подрезанными или неподрезанными, с незначительными механическими повреждениями. Грибы не должны быть также замороженными или иметь видимых следов от опрыскивания химическими веществами (таких, как пятна затеков на поверхности).

Вкус и запах должны быть характерными для свежих шампиньонов, посторонние вкус и запах недопустимы (приложение В).

Спелость определяют по тому, в каком состоянии шляпка гриба. Она может быть либо закрыта, либо открыта, но не плоской. Пластинки, находящиеся под шляпкой гриба, должны быть бледно-розового цвета.

Исходя из вышеизложенного видно, что, согласно ГОСТ Р 56827-2015, грибы должны быть без нарушения целостности плодового тела и видных внешних повреждений, правильной формы, с наибольшим содержанием влаги. Последнее достигается путем своевременного и качественного полива.

### 1.3 Требования к условиям при выращивании шампиньонов

Для роста и развития шампиньонов критическое значение имеют температура, влажность субстрата и воздуха, а также газовый состав воздуха в культивационной камере. Исходя из технологического процесса производства шампиньонов (рисунок 1.3, таблица 1.1), можно утверждать, что одним из основных параметров влияющих на выход грибов, является полив.

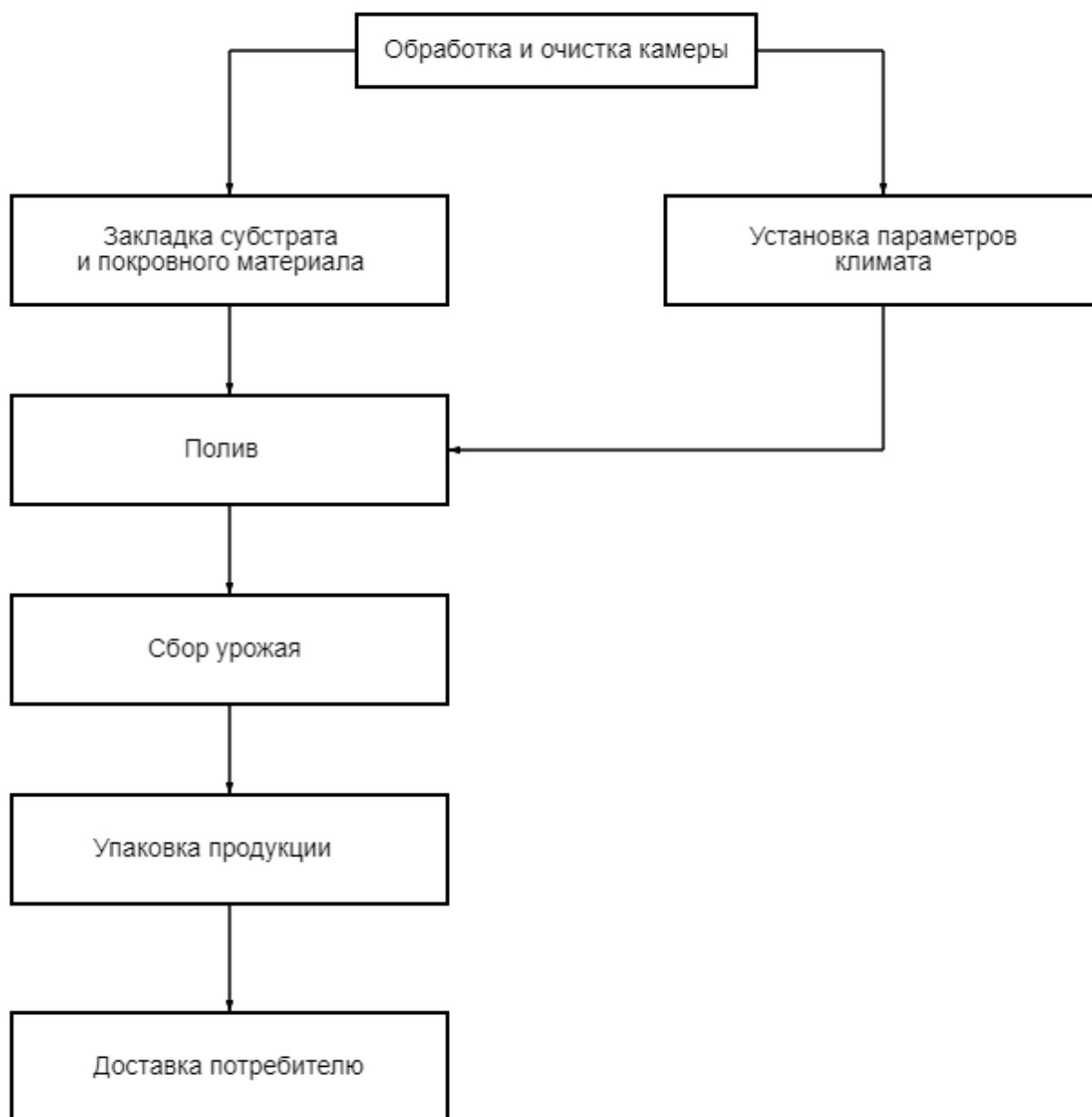


Рисунок 1.3 – Технологический процесс производства шампиньонов

Таблица 1.1 – **Операции и параметры технологического процесса выращивания шампиньонов**

Процесс	Период, сут.
Загрузка субстрата в камеру выращивания, нанесение покровного материала на субстрат, обеспечение и поддержание оптимальных условий посредством климатической установки (температура воздуха 24...26 °С, относительная влажность – 90–95 %, содержание CO <sub>2</sub> – до 1,5 %), начало поливов для достижения оптимальной влажности субстрата 70 % ПВ	1-е–4-е
Поддержание оптимальных климатических условий и регулярные поливы в период вегетации (проращивания мицелий в субстрат и покровный материал)	5-е–17-е
Поддержание оптимальных климатических условий и регулярные поливы в период плодоношения 1-й волны, сбор продукции	18-е–26-е
Поддержание оптимальных климатических условий и регулярные поливы в период плодоношения 2-й волны, сбор продукции	27-е–35-е
Поддержание оптимальных климатических условий и регулярные поливы в период плодоношения 3-й волны, сбор продукции	36-е–42-е
Выгрузка субстрата, термовлажная и дезинфицирующая обработка грибницы, подготовка к следующему культурообороту	43-е–46-е

Поддержание требуемой температуры оказывает большое влияние на качество шампиньонов. При оптимальной температуре 25...27 °С происходит активный рост гифов мицелия, который проникает в питательный субстрат, образуя плотные сплетения. За счёт этого мицелий приживается быстрее и быстро разрастается, обладая при этом высокой жизнеспособностью. Оптимальная температура субстрата для успешного приживания мицелия составляет 24...26 °С. В этом случае зарастание субстрата происходит за 10–14 дней после посева. Повышение температуры субстрата до 29...30 °С существенно снижает урожайность. Если температура продолжает расти до 32...33 °С, то мицелий перестаёт расти и погибает. Снижение температуры субстрата до 18...20 °С замедляет рост мицелия, а период зарастания подстиляющего слоя увеличивается до 18–25 дней. При переходе от паутинистого мицелия к тяжистому, т. е. перед началом плодообразования, температуру субстрата следует снизить до 18...20 °С, а температуру воздуха – до 14...17 °С. В это время в питательном субстрате образуются зачатки плодовых тел. На начальном этапе плодоношения температуру субстрата необходимо поддерживать на уровне 18...20 °С, а к концу этого периода ее следует постепенно сравнивать с температурой

окружающего воздуха. При температуре воздуха выше 17 °С плодовые тела активно растут, однако они имеют маленькие и быстро раскрывающиеся шляпки, а также длинные тонкие ножки, что снижает их качество. И наоборот, снижение температуры воздуха способствует образованию плодовых тел с крупными, плотными и медленно раскрывающимися шляпками, а также короткими толстыми ножками. Однако в таких условиях требуется больше времени для достижения товарной зрелости плодовых тел [2, 65, 70].

Состав воздуха играет важную роль в росте и развитии шампиньонов. Процессы метаболизма, которые происходят в субстрате, сопровождаются выделением конечных продуктов, в том числе углекислоты. В фазе вегетативного роста шампиньонов требуется высокая концентрация углекислоты. Исследования показали, что снижение интенсивности роста мицелия происходит при концентрации углекислоты более 2 % по объему. Замедление роста мицелия при высокой концентрации углекислоты связано не с недостатком кислорода, а с избытком углекислоты. Другие исследователи установили, что грибная ткань может фиксировать углекислоту и поэтому некоторая концентрация углекислоты способствует росту мицелия. Оптимальное значение концентрации углекислоты, которое не препятствует росту мицелия, находится в достаточно широком диапазоне (0,01–2,0 %), а для образования плодов и плодоношения шампиньонов необходимы концентрации CO<sub>2</sub> 0,01–0,1 %. Повышение содержания углекислоты в воздухе сверх оптимального уровня приводит к замедленному росту плодовых тел, удлинению ножек и формированию маленьких шляпок, которые быстро открываются. При выращивании шампиньонов необходимо учитывать их чувствительность к концентрации CO<sub>2</sub> и обеспечивать легко регулируемую систему вентиляции. Концентрация других газообразных продуктов метаболизма незначительна и не влияет на рост и развитие шампиньонов [2, 65, 70].

Шампиньоны принадлежат к сапрофитам, следовательно, они не осуществляют фотосинтез. Мицелий этих грибов одинаково развивается как на свету, так и в темноте, однако яркий прямой свет оказывает негативное влияние на качество грибной культуры (кожица плодовых тел грубеет, шляпки темнеют и приобретают



чешуйчатую форму) [2].

#### 1.4 Требования технологического процесса полива

Шампиньоны относятся к группе мезофитов, т. е. к организмам, требующим для оптимального роста и развития повышенный уровень влажности как питательного субстрата, так и окружающей воздушной среды. При наличии в субстрате необходимого количества питательных веществ вода становится одним из лимитирующих факторов получения большого урожая шампиньонов. Исследования показывают, что плодовые тела этих грибов содержат от 88 до 94 % воды, поэтому производственный процесс их выращивания предусматривает регулярные поливы, направленные на обеспечение оптимального водного баланса для роста грибов [138]. Во время роста мицелий потребляет воду как из субстрата, так и из слоя покровного материала. Запас влаги в субстрате происходит в период его приготовления, а требуемую влажность покровного материала создают путём проведения регулярных поливов в течение всего периода выращивания. Необходим также дифференцированный подход к обеспечению оптимального уровня влагосодержания покровного материала в зависимости от фазы роста и развития шампиньонов [140–143].

Из литературных источников [144–146] известно, что плодовые тела шампиньонов потребляют воду в основном из субстрата. Оптимальное содержание воды в субстрате в период роста мицелия составляет 64–68 %, а покровного материала – 60–70 % от полной влагоёмкости (ПВ). Было выявлено, что к концу плодоношения водопотребление уменьшается, оно достигает своего максимума при влажности покровного материала на уровне 60–70 % и составляет 26,7–27,4 л/м<sup>2</sup>. В период проращивания мицелия возможно поддерживать влажность покровного материала на необходимом уровне путём поливов, которые компенсируют испарение воды с субстрата. При достижении плодовых тел размеров горошины необходимо производить полив нормой не выше 1,5 л/м<sup>2</sup> [34].

Равномерность полива определяет плотность плодоношения грибов на единицу площади. Так, при неравномерном поливе урожай грибов падает на 20–40 %.

При недостаточном поливе ухудшаются качественные показатели грибов, вследствие чего они темнеют, их ножки удлиняются. Избыточный полив также неблагоприятно сказывается на качестве грибов, так как из-за избытка влаги происходит гниение как самого гриба, так и компоста, а также распространяются болезнетворные организмы [32, 124].

Для сохранения товарного вида грибов необходимо также, чтобы диаметр капель дождя при поливе составлял не более 1,8 мм. Капли большего диаметра способны повредить шляпку гриба, из-за чего появляются темные пятна на поверхности плодового тела, что в свою очередь негативно влияет на товарные свойства шампиньонов [35, 45, 65, 70].

Следует отметить, что при культивировании шампиньонов необходимо установить режим полива, в значительной мере определяющий выход грибов и их качество. Как правило, в начальный период после укрытия субстрата покровным материалом его влажность следует привести к необходимому исходному уровню. В зависимости от влажности в момент укрытия (58–60 %) при поступлении покровного материала в шампиньонницу его влажность следует довести до 70–80 % ПВ [34].

Актуальной задачей является определение режима полива шампиньонов в разные периоды развития плодового тела.

Качественные показатели дождя при полива, обеспечивающие хорошее плодоношения и сохранение товарного вида гриба, представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Качественные показатели дождя при поливе

Показатель	Значение
Дальность полива, м	1,0
Средняя интенсивность, мм/мин	13,2–15,2
Коэффициент равномерности по Кристиансену	Не менее 0,9
Диаметр капель, мм	0,6 – 1,8

Таким образом, для соблюдения требований, предъявляемых к качеству дождя и технологическому процессу полива шампиньонов, необходимо проектирование новых конструкций поливных устройств и дождевальных насадок.

### 1.5 Состав субстрата

При выращивании шампиньонов используют субстрат, который готовят на

специальных предприятиях из помета кур-бройлеров с добавлением соломы и гипса. Субстрат подвергают ферментации и увлажнению в течение определенного времени. Затем его заражают мицелием шампиньона, упаковывают в полиэтиленовые мешки и транспортируют в культивационную камеру (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Субстрат для выращивания шампиньонов

Компонентный состав субстрата для выращивания шампиньонов приведен в таблице 1.3, а покровного материала – в таблице 1.4.

Таблица 1.3 – **Нормы расхода компонентов при изготовлении 1 т субстрата**

Компонент	Расход, кг
Солома пшеничная	360
Помет кур-бройлеров (подстилочный, на опилках или соломе), влажность 35–38 %, содержание общего азота не менее 2,5–3,0 %	360
Гипс	21
Вода	1600
Мицелий (зерновой)	4,5–5,0

*Примечание.* Плотность субстрата  $\approx 0,42$  т/м<sup>3</sup>

Таблица 1.4 – **Нормы расхода компонентов при изготовлении 1 т покровного материала**

Компонент	Расход, кг
Торф (низинный или переходный)	900
Молодой известняк (мергель, доломит)	100

Субстрат для выращивания шампиньонов представляет собой пористый

материал, обладающий низкой гигроскопичностью. Вся влага в нем запасается на этапе приготовления. Так как субстрат не способен удерживать необходимый запас влаги, то используют покровный материал, который имеет высокую гигроскопичность, что позволяет запастись требуемой влагой и предотвратить ее испарение с субстрата [35, 45, 65, 70].

### 1.6 Обзор поливных устройств

В современных грибных культивационных камерах шампиньоны выращивают на специальных многоярусных стеллажах (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Стеллаж для выращивания шампиньонов

Такой способ выращивания позволяет эффективно использовать полезную площадь камеры, сохраняя пространство для проведения технологических операций. Плотная компоновка способствует также лучшему накоплению  $\text{CO}_2$ , который крайне необходим для созревания шампиньонов, и уменьшает энергозатраты для обеспечения оптимальных климатических условий.

Недостатки данного способа в основном затрагивают технологические

операции, связанные с погрузкой и разгрузкой субстрата, укрытием покровным материалом, сбором созревших плодовых тел грибов, а также с поливом.

В настоящее время на предприятиях, занимающихся выращиванием шампиньонов, которые располагают небольшими площадями культивационных камер, в основном применяют ручной полив с использованием поливочных штанг (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Полив с использованием поливочной штанги

Ручной полив имеет ряд недостатков, среди которых – неравномерность полива из-за влияния человеческого фактора, а также необходимость нахождения человека в камере, что неблагоприятно для развития шампиньона, так как при открытии дверей в камеру, куда заходит персонал для проведения технологических операций, происходит нарушение климатических условий и изменение газового состава воздуха.

На более крупных предприятиях, обладающих большими площадями культивационных камер, применяют механизированные способы полива, например с использованием поливочного дерева, представляющего собой вертикальную штангу, которая осуществляет полив сбоку от стеллажей (рисунок 1.7).

Такой механизированный способ обладает рядом преимуществ, к которым можно отнести возможность одновременного полива нескольких ярусов, а также механизированное управление перемещением установки. Однако сохраняются некоторые недостатки, например отсутствие дистанционного или автоматического управления запорными кранами, которые приходится открывать вручную, что

также требует присутствия персонала в камере. Кроме того, распылители, которые представляют собой каскад форсунок с разной дальностью полива, ввиду своей конструкции обладают высокими материалоемкостью и стоимостью.

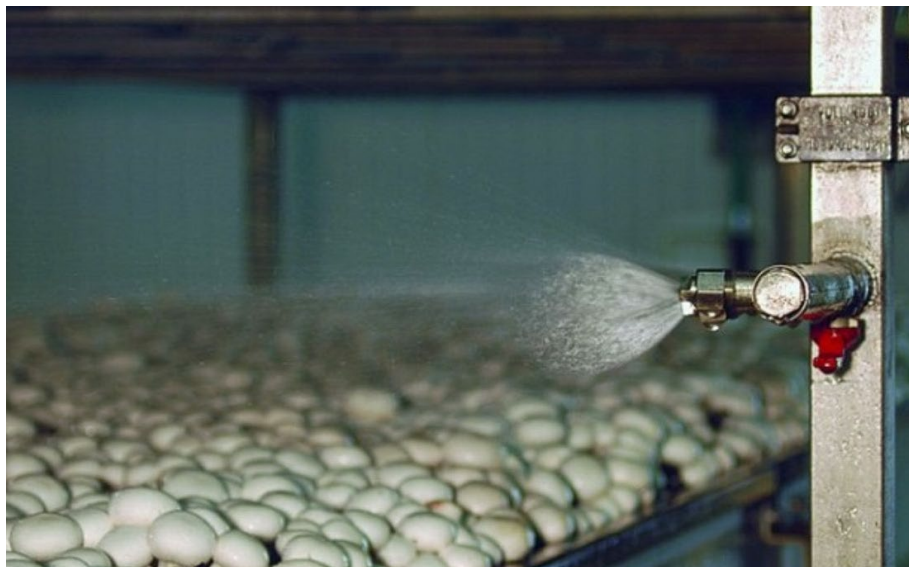


Рисунок 1.7 – Поливочное дерево

На крупных грибных комплексах полив грибов осуществляют с помощью трубопроводов, проходящих по стеллажам (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Полив с помощью трубопроводов

В данном случае обеспечивается главное преимущество по сравнению с вышеописанными: отсутствие необходимости нахождения персонала в

культивационной камере в периоды, когда это не предусмотрено технологической необходимостью (загрузка и выгрузка субстрата, сбор урожая).

Недостатки полива с помощью трубопроводов связаны с высокой материалоемкостью трубопроводных линий и дождевальных насадок, с затратами на их техническое обслуживание. К тому же ввиду стационарного исполнения трубопроводов существует необходимость демонтажа дождевальных насадок в периоды проведения таких технологических операций, как загрузка и выгрузка субстрата, укрытие покровным материалом, сбор урожая.

Таким образом, можно сделать вывод, что для полива шампиньонов в культивационной камере необходимо устройство, соответствующее ряду критериев:

1. Оно должно иметь механизированное управление исполнительными механизмами, что исключало бы присутствие рабочего персонала внутри камеры в периоды проведения технологических операций, не связанных с необходимостью присутствия персонала.

2. Устройство должно удовлетворять качественным показателям полива шампиньонов: обеспечивать равномерность полива и оптимальный диаметр капель дождя, чтобы не снижать качественные характеристики гриба.

3. Необходимо обеспечить возможность демонтажа поливной установки для проведения технологических операций в культивационной камере.

Таким образом, разработка устройства полива, которое обеспечивало бы решение всех поставленных задач, является актуальной задачей.

### **1.7 Обзор дождевальных насадок**

С целью выбора оптимальной конструкции дождевальной насадки была рассмотрена классификация существующих конструкций дождевальных насадок, применяемых для распыла жидкости в сельском хозяйстве (рисунок 1.9).

За основу была выбрана классификация, предложенная Д. Г. Пажи и В. С. Галустовым [76, 77]. Согласно этой классификации, по принципу действия насадки делятся на шесть основных классов.

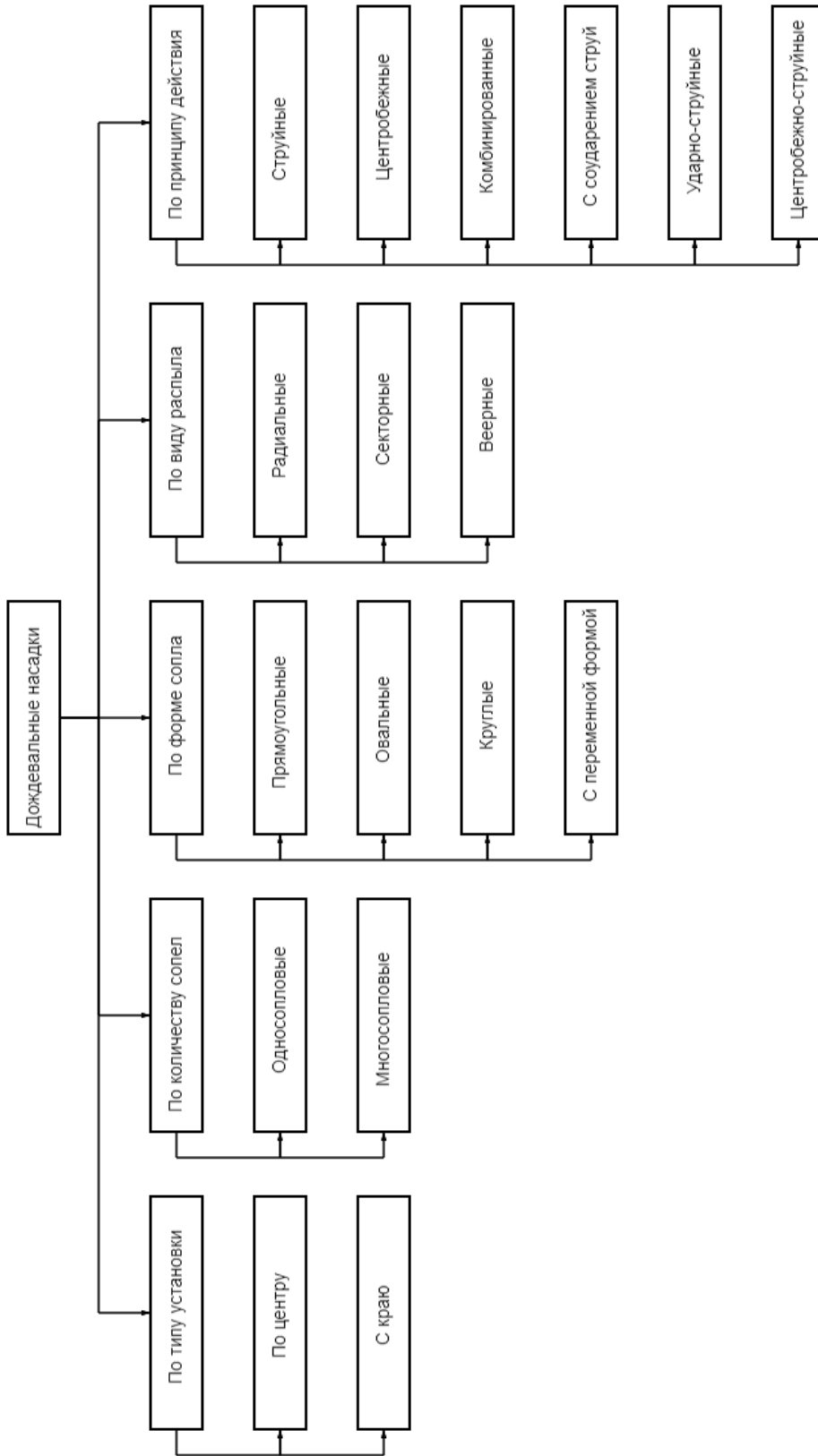


Рисунок 1.9 – Классификация дождевальных насадок



Струйные насадки (рисунок 1.10) имеют в корпусе одно или несколько цилиндрических сопел. Из них подается струя жидкости (см. рисунок 1.10, *а* и *б*), которая впоследствии распадается на капли относительно крупного размера, образуя факел с малым корневым углом и значительной дальностью струи. К струйным относят также веерные насадки (см. рисунок 1.10, *в*). В них сопла не круглого сечения, а в виде щели. При работе такой насадки жидкость, истекая, образует плоскую струю в виде веера, которая затем распадается на капли.

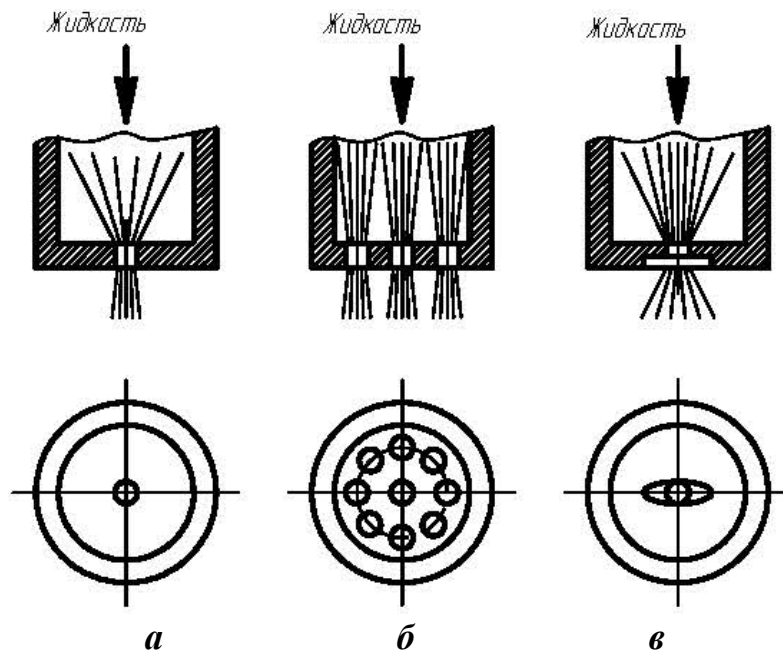


Рисунок 1.10 – Схемы струйных насадок: *а* – с одним цилиндрическим соплом; *б* – многосопловая; *в* – веерная

На рисунке 1.11 изображены центробежные насадки. Внутри этих насадок происходит вращение жидкости, пропускаемой через них. В сопловом канале насадки жидкость образует закрученную пленку, в то время как в центре возникает воздушный вихрь. При выходе из сопла пленка разрушается из-за сопротивления воздуха и образует полый конусообразный факел.

Центробежные насадки в зависимости от способа закручивания потока делятся на тангенциальные (см. рисунок 1.11, *а*) и насадки с завихрителем (см. рисунок 1.11, *б*). В первом случае жидкость поступает в полость насадки через отверстие, ось которого перпендикулярна оси насадки, но не пересекается с ней. Это приводит к закручиванию жидкости относительно оси насадки. В насадках с

завихрителем поток жидкости закручивается посредством цилиндрической вставки с цилиндрическими нарезками на наружной поверхности. Жидкость движется вдоль этих нарезок, что приводит к ее закручиванию относительно оси насадки. В эвольвентной насадке (см. рисунок 1.11, *в*) канал для подвода жидкости переходит в спираль с сопловым отверстием с одной или двух сторон.

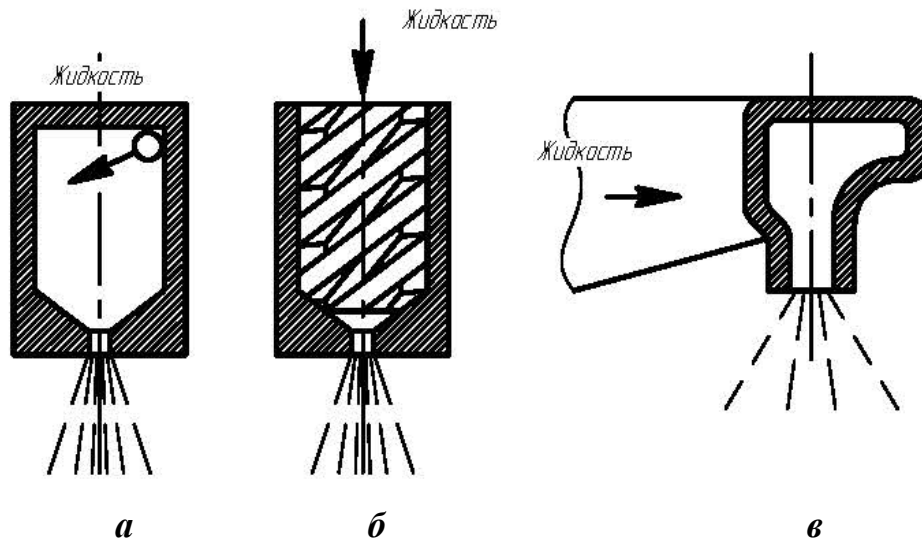


Рисунок 1.11 – Схемы центробежных насадок: *а* – тангенциальная; *б* – шнековая (с винтовой вставкой); *в* – эвольвентная

На рисунке 1.12 представлены центробежно-струйные насадки. В отличие от центробежных, у этого типа насадок два потока подводимой жидкости. Одна часть жидкости в тангенциальной насадке (см. рисунок 1.12, *а*) поступает тангенциально в камеру закручивания, а в насадке с винтовой вставкой (см. рисунок 1.12, *б*) она проходит по винтовым периферийным каналам вставки, образуя вращающийся поток. Одновременно через центральное отверстие вставки протекает еще одна часть жидкости, в результате образуется сплошная струя. Вращающаяся жидкость взаимодействует с центральной струей, закручивая ее и создавая единый поток. При выходе из сопла образуется факел в виде конуса.

Особый вид насадок – с ударной струей (рисунок 1.13). Процесс распыления происходит за пределами корпуса. Это достигается за счет столкновения струи с отражателем, который находится напротив сопла. Отражатель может быть сплошным (см. рисунок 1.13, *а*) или многоступенчатым (см. рисунок 1.13, *б*), состоящим, как бы из нескольких отражателей, расположенных друг над другом. Каждый

последующий отражатель при этом имеет отверстие меньшего диаметра по сравнению с предыдущим. Слои жидкости последовательно «срезаются» при прохождении через многоступенчатый отражатель.

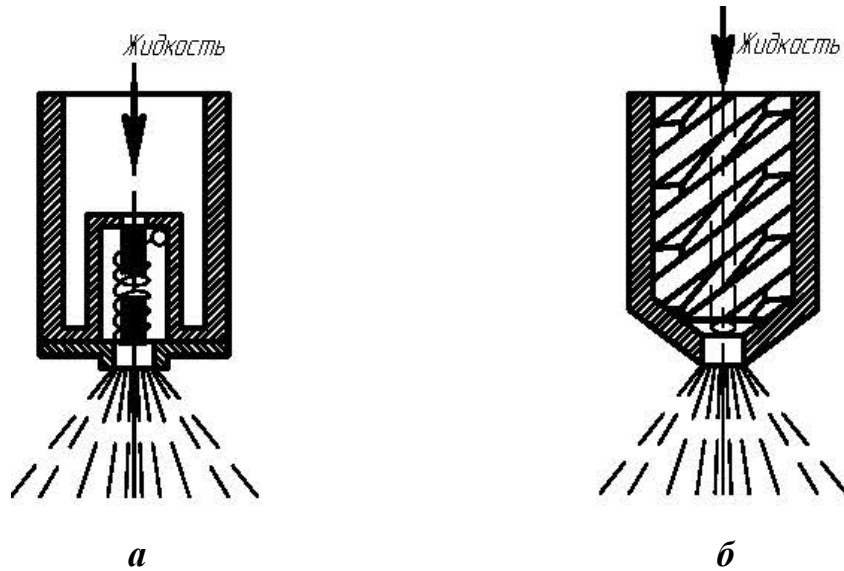


Рисунок 1.12 – Схемы центробежно-струйных насадок: *а* – тангенциальная; *б* – с винтовой вставкой

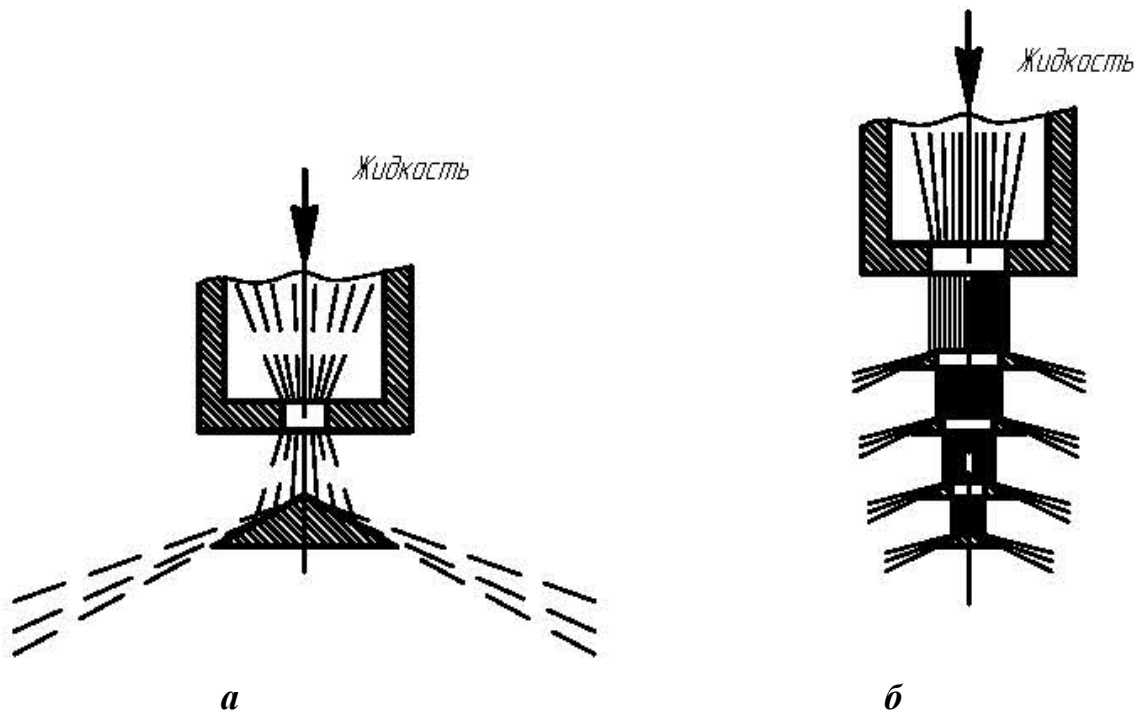


Рисунок 1.13 – Схемы ударно-струйных насадок: *а* – со сплошным отражателем; *б* – с многоступенчатым отражателем

Суть работы насадок с соударением струй (рисунок 1.14) заключается в разделении струй на отдельные капли при их выходе из сопла насадки. При столкновении двух струй образуется пленка, которая затем распадается на капли. Факел

имеет форму эллипса. Если сталкиваются три или более струи, то форма факела становится конической. Насадки могут быть выполнены как с одной парой струй (см. рисунок 1.14, *а*), так и с несколькими (см. рисунок 1.14, *б*).

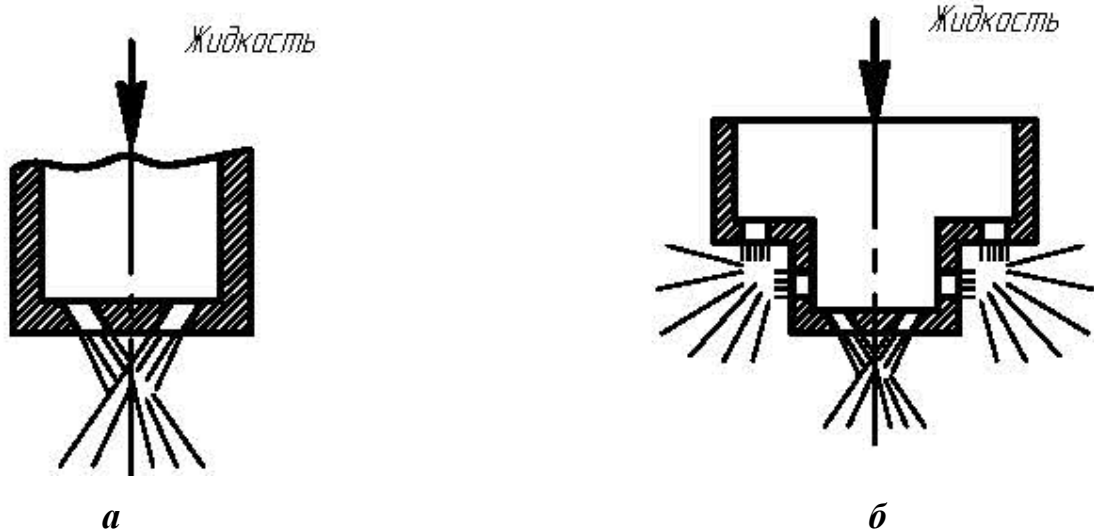


Рисунок 1.14 – Схемы насадок с соударением струй: *а* – с одной парой соударяющихся струй; *б* – с несколькими парами

Комбинированные насадки (рисунок 1.15) состоят из нескольких различных по принципу работы насадок, которые объединены в одном корпусе в зависимости от требований и условий работы. В основном комбинируют центробежную насадку и насадку со струйным соударением (см. рисунок 1.15, *а*) или центробежно-струйную и насадку со струйным соударением (рис. 1.15, *б*). Это делается для достижения наилучшего эффекта распыла.

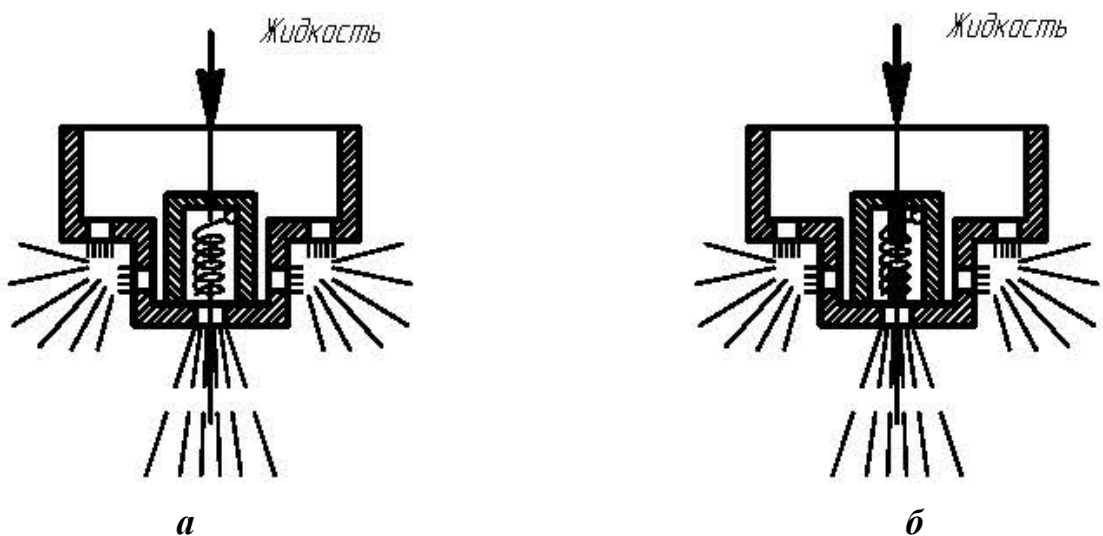


Рисунок 1.15 – Схемы комбинированных насадок: *а* – центробежная с соударением струй; *б* – центробежно-струйная с соударением струй

Дождеобразующее устройство дождевальной машины (рисунок 1.16) используют при орошении дождеванием преимущественно в дождевальных широкозахватных машинах, работающих в движении. Секторный распылитель 1 дождеобразующего устройства снабжен дросселирующим элементом 5, который выполнен в виде двухкамерного пустотелого корпуса с входной 10 и выходной 11 камерами одинакового поперечного сечения. Между камерами размещена перегородка 12 с отверстиями 13. На перегородке 12 в коническом конфузоре дождевальной насадки установлен усеченный конус 14. Данное устройство имеет упрощенную конструкцию и возможность регулирования расхода и давления оросительной воды.

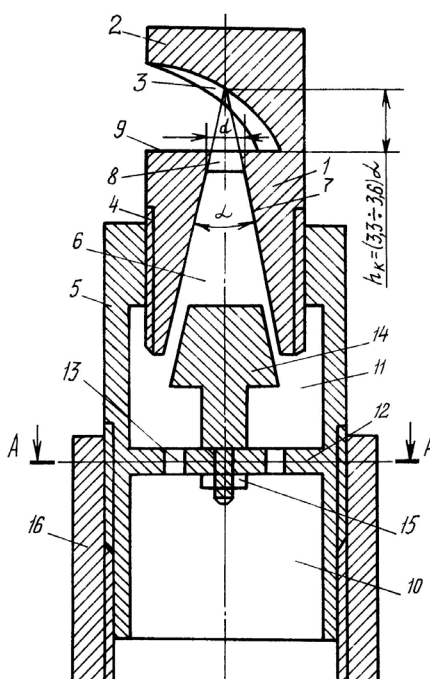


Рисунок 1.16 – Схема дождеобразующего устройства дождевальной машины:  
 1 – секторный распылитель; 2 – дефлектор; 3 – отражающая поверхность; 4 – резьба;  
 5 – дроссель; 6 – проходной канал 7 – конфузур; 8 – калиброванное цилиндрическое  
 отверстие; 9 – плоскость истечения; 10 – входная камера корпуса; 11 – выходная  
 камера корпуса; 12 – перегородка; 13 – отверстия; 14 – усеченный конус;  
 15 – гайка; 16 – штуцер

Известна конструкция щелевой дождевальной насадки (рисунок 1.17), состоящей из полых цилиндрических корпусов и диффузора. Она выполнена в виде трапециевидного корпуса, у входной части которого расположена горизонтальная обойма. Рассекатели потока расположены на внутренней стороне горизонтальной

обечайки. На внутренних стенках продольных обечайки также имеются по два рас-  
секателя потока, размещенных под углом  $45^\circ$ .

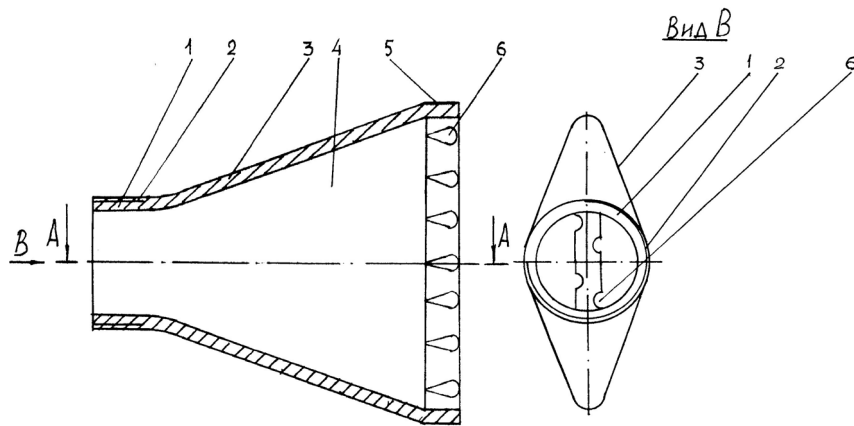


Рисунок 1.17 – Схема щелевой дождевальной насадки: 1 – корпус;  
2 – наружная резьба; 3 – трапециевидный диффузор; 4 – расширительная камера;  
5 – горизонтальная обечайка; 6 – рассекатели потока

Устройство для полива, известное как веерная дождевальная насадка-активатор (рисунок 1.18), имеет цилиндрический корпус, который можно установить на водопроводную трубу. Внутри корпуса находятся шнековые направители потока спиральной формы, витки которых направлены против часовой стрелки. Особенностью этого устройства является то, что водовыпускные отверстия выполнены расширяющимися в горизонтальной плоскости и сужающимися в вертикальной, образуя как бы веер.

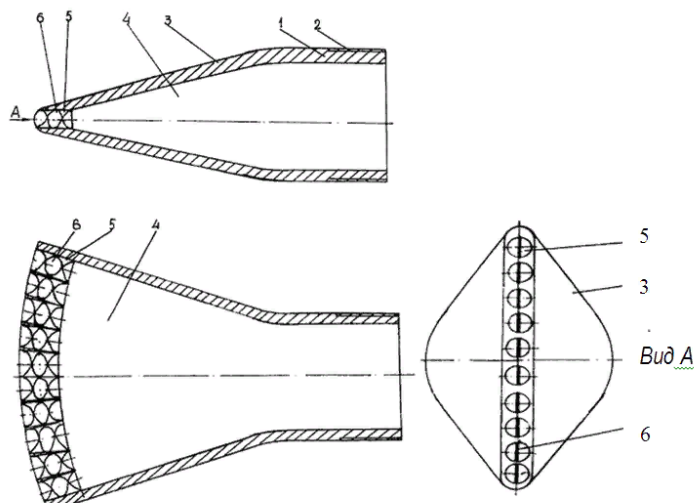


Рисунок 1.18 – Схема веерной дождевальной насадки-активатора: 1 – цилиндрический корпус; 2 – соединительная резьба; 3 – веерный насадок; 4 – сужение в вертикальной плоскости; 5 – водовыпускные отверстия; 6 – шнековые направители

На основании проведенного анализа существующих конструктивных исполнений дождевальных насадок, а также исходя из технологических условий выращивания грибов в культивационных камерах, был сделан вывод о применении веерной насадки.

Анализ литературных источников и перспективных конструкций дождевальных насадок показывает, что применительно к нашим задачам не существует готовых решений, которые полностью соответствовали бы заданным параметрам [7–9, 11–16, 21, 64, 72, 78, 82, 85, 88–115].

Известные конструкции дождевальных насадок применительно к техническим условиям эксплуатации при поливе грибов в культивационной камере имеют значительные недостатки, в первую очередь связанные с конструктивными особенностями установки полива и способом выращивания грибов (шампиньонов). Они не обеспечивают необходимой равномерности полива, а также оптимального диаметра капель дождя. Дождевальная насадка из-за конструктивных и технических ограничений установки полива должна быть расположена сбоку от зоны полива.

В связи с вышеизложенным, актуальной задачей является разработка веерной дождевальной насадки, создающей дождь с повышенными качественными показателями для производства грибов в тепличных условиях.

## **1.8 Выводы по главе**

1. Анализ развития грибоводства (а именно промышленного культивирования шампиньонов) показывает перспективность данного направления производственной деятельности. Следует отметить его активное развитие на территории России за последние двадцать лет, а также тенденции повышения доли экспорта отечественного продукта.

2. Необходимо разработать насадку, обеспечивающую равномерность полива и оптимальных качественных показателей дождя, благоприятно влияющих на рост и качество грибов. Обзор существующих конструкций дождевальных насадок позволил наметить пути совершенствования и адаптации их конструктивных параметров к применению в культивационных камерах выращивания грибов.

## 2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЕЕРНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ НАСАДКИ

### 2.1 Предлагаемая конструкция поливной установки с веерной дождевальной насадкой

Для решения актуальной задачи разработки устройства для полива шампиньонов была предложена конструкция, техническим итогом которой является механизация процесса полива. Это позволит экономить воду, сократить применение живого труда, а также повысить урожайность. Внесение поливной нормы на каждом этапе созревания грибов даст возможность поддерживать содержание влаги в субстрате на оптимальном уровне.

Установка полива (рисунки 2.1 и 2.2) представляет собой сварную конструкцию стеллажного типа 1 (см. рисунок 2.2), с одной боковой стороны которой установлены металлические рельсовые направляющие 2 для горизонтального перемещения боковой каретки 3 посредством роликовых опор 4.

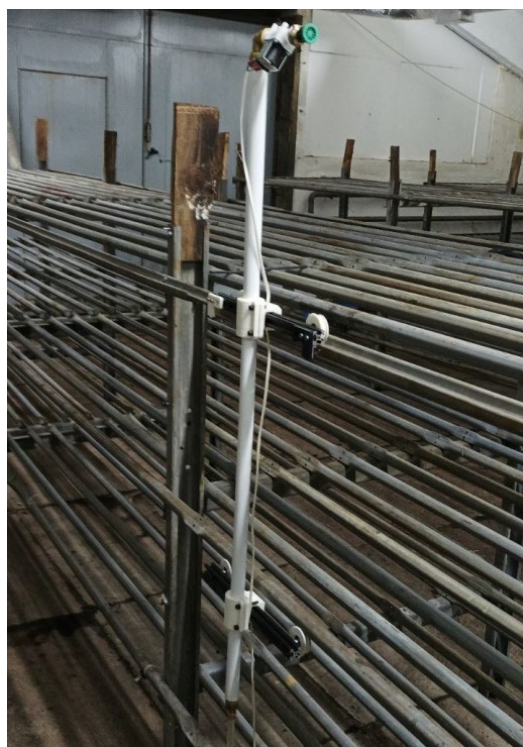
*а**б*

Рисунок 2.1 – Поливная установка с веерной дождевальной насадкой:  
*а* – общий вид; *б* – в работе



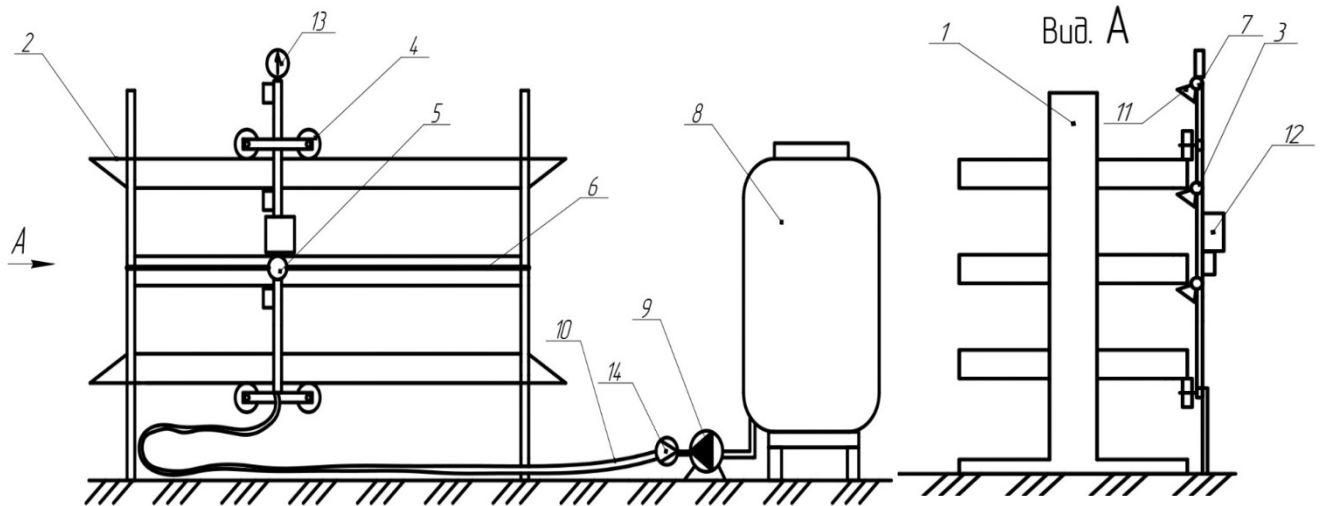


Рисунок 2.2 – Схема поливной установки: 1 – сварная конструкция стеллажного типа; 2 – металлические рельсовые направляющие; 3 – боковая каретка; 4 – роликовые опоры; 5 – шаговый двигатель; 6 – канат; 7 – гидравлические клапаны с электромагнитным клапаном; 8 – резервуар; 9 – гидравлический насос; 10 – гибкий трубопровод; 11 – дождевальная насадка; 12 – блок управления; 13, 14 – соответственно датчики давления и расхода воды

В движение каретку 3 приводит шаговый двигатель 5 путем наматывания и сматывания каната 6, свободные концы которого жестко закреплены на двух противоположных концах сварной конструкции.

Гидравлический клапан с электромагнитным приводом 7 регулирует подачу поливной нормы к дождевальной насадке 11, осуществляемую гидравлическим насосом 9 по гибкому трубопроводу 10 из резервуара 8.

Управление исполнительными механизмами реализуется через блок управления 12, в который заложен алгоритм действий. Программа принимает решения, исходя из показаний датчиков давления 13 и расхода воды 14.

На рисунке 2.3 показан механизм привода движения поливной установки.

Устройство работает следующим образом. На стеллажи 1 (см. рисунок 2.2) закладывают субстрат с мицелием, далее оператор производит проверку оборудования и программирует алгоритм работы устройства с помощью ЭВМ. Готовую программу работы загружают в блок управления 12, который, управляя исполнительными механизмами, осуществляет процесс внесения поливной нормы. Включается гидравлический насос 9, и вода перекачивается по гибкому трубопроводу 10 из резервуара 8 к гидравлическим клапанам 7, размещенным на каретке 3. Получив

данные от датчика давления 13 о достижении рабочих показаний, блок управления 12 передает команды на включение электромагнитного привода гидравлического клапана 7, после чего вода поступает в дождевальную насадку 11, посредством которой путем дождевания производится внесение поливной нормы на поверхность субстрата. Согласно алгоритму работы, блок управления 12 задает скорость перемещения каретки 3 относительно горизонтальной плоскости вдоль стеллажей с помощью шагового двигателя 5. Последний, наматывая или сматывая канат 6, приводит каретку в движение. После окончания рабочего цикла блок управления 12 подает команду на выключение электромагнитных клапанов 7 и возвращение каретки 3 на стартовую позицию.



Рисунок 2.3 – Механизм привода движения поливной установки

Предлагаемое устройство может быть реализовано с использованием известных компонентов, обеспечивая высокое качество полива [113, 115].

Разработанная установка позволяет сократить до минимума необходимость использования человеческих трудовых ресурсов, а также повысить качество мониторинга и поддерживать оптимальные климатические параметры среды в камере выращивания. Зафиксированные итоговые отчеты в виде графиков по

контролируемым климатическим параметрам, полученным в ходе выращивания грибов, позволят обосновать оптимальные режимы, необходимые для повышения урожайности шампиньонов [125].

## 2.2 Обоснование параметров полива шампиньонов

Шампиньоны относятся к группе мезофитов. Это организмы, требующие для нормального роста и развития определенной влажности питательного субстрата и окружающей воздушной среды. Считается, что плодовые тела этих грибов содержат от 88 до 94 % воды [34, 35].

Если в субстрате присутствует достаточное количество питательных веществ, то вода является одним из ограничивающих факторов в достижении высокой урожайности этих грибов [34, 35].

Во время культивирования мицелий шампиньонов потребляет воду из субстрата и слоя покровного материала. Запас влаги в субстрате создается в период его приготовления, а требуемую влажность покровного материала обеспечивают путём проведения регулярных поливов в течение всего периода выращивания шампиньонов (Kalberer P., 1984, 1990) [140]. В связи с этим определение оптимального режима полива для грибов имеет решающее значение с момента укрытия субстрата и до окончания сбора урожая. (Meulepas A., 1988) [143].

Важной задачей является расчет режима полива при выращивании грибов с учетом динамики влагозапасов и специфических характеристик плодоносящих штаммов, особенно интенсивных, которые характеризуются высокой урожайностью в течение первых двух-трех волн плодоношения грибов.

Оптимальный уровень влажности покровного материала для получения наибольшего уровня урожайности в период плодоношения грибов составляет 60–70 % от полной влагоёмкости, что подтверждают данные, полученные исследователями разных стран. Было замечено, что выход продукции, не соответствующей требованиям, увеличивается при влажности покровного материала менее 60 %, в то время как при влажности более 70 % можно наблюдать появление таких заболеваний, как паутинистая плесень (*Dactylium dendroides* (Bull.)) и бактериальная

пятнистость плодовых тел (*Pseudomonas to-laasi* Paine), которые были вызваны избыточной влажностью в слое покровного материала [33, 35].

Очень важно установить режим полива, который в значительной степени влияет на урожайность и качество грибов. Необходимо точно определить поливную норму для каждого периода вегетации. Так, например, когда грибы собирают в больших количествах, обильный полив не требуется. Сбор влажных плодовых тел не гарантирует их товарного качества, так как бактериальное поражение может быстро распространиться. После полива следует обеспечить равномерную и обильную циркуляцию воздуха и проветривание в камере выращивания, чтобы грибы высохли [33, 35].

Оптимальное суммарное водопотребление шампиньонов представлено в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Суммарное водопотребление шампиньонов  $E$ , мм

Показатель	Период вегетации	Плодоношение		
		1-я волна	2-я волна	3-я волна
Срок, сут.	1-е–14-е	15-е – 26-е	27-е – 35-е	36-е – 43-е
Суммарное водопотребление	916,9	58,5	49,5	41,3

Согласно литературным источникам и нормативным документам [33, 139–146], наибольшая урожайность шампиньонов формируется при влажности покровного материала от 60 до 70 %. Исходя из этих показателей была принята верхняя граница влажности 68 %, а нижняя – 62 %. Таким образом, по экспериментальным данным мы получили для верхней границы влажности влагоемкость  $W_{\text{НВ}} = 17,84$  мм, а для нижней –  $W_{\text{НПВ}} = 16,34$  мм.

Поливная норма  $m$ , мм:

$$m = W_{\text{НВ}} - W_{\text{НПВ}}, \quad (2.1)$$

где  $W_{\text{НВ}}$  – максимальные активные влагозапасы в субстрате, мм;

$W_{\text{НПВ}}$  – минимальные активные влагозапасы в субстрате, мм.

Таким образом, оптимальные значения для шампиньонов:  $W_{\text{НВ}} = 17,84$ ;  $W_{\text{НПВ}} = 16,34$ ;  $m = 1,5$ .

Для определения даты и сроков полива шампиньонов построены графики, отражающие динамику влагозапасов. Для этого по оси абсцисс откладывали вегетационный период шампиньона (1 ч – 1 мм), по оси ординат – продуктивные влагозапасы (мм). Рабочий диапазон графика устанавливали в виде двух горизонталей ( $W_{\text{НВ}}$ ;  $W_{\text{НПВ}}$ ).

За исходную точку влагозапасов в субстрате для шампиньонов приняты начальные показатели  $W_{\text{нач}}$ :

$$W_{\text{нач}} = W_{\text{НВ}}. \quad (2.2)$$

На конец текущей декады влагозапасы в расчетном слое почвы  $W_i$  (мм):

$$W_i = W_{\text{нач}} - E + m, \quad (2.3)$$

где  $W_{\text{нач}}$  – влагозапасы на начало декады, мм;

$E$  – водопотребление, мм;

$m$  – поливная норма, л/м<sup>2</sup>.

В день, когда влагозапасы доходят до значения  $W_{\text{НПВ}}$ , необходимо назначить полив принятой нормой и довести влагозапасы в расчетном слое до  $W_{\text{НВ}}$ .

Далее происходит использование влагозапасов до следующего полива.

Влагозапасы в конце вегетации культуры должны соответствовать остаточному значению  $W_{\text{ост}}$ , мм:

$$W_{\text{ост}} = (1,1 \dots 1,8)W_{\text{НПВ}}. \quad (2.4)$$

Динамика влагозапасов субстрата и покровного материала в период вегетации и плодоношения шампиньонов представлена на рисунках 2.4–2.7.

Продолжительность полива шампиньонов  $T$  (с):

$$T = \frac{mF\delta}{\sum Q_m k}, \quad (2.5)$$

где  $F$  – полезная площадь культивационной камеры,  $F = 54 \text{ м}^2$ ;

$\delta$  – коэффициент, учитывающий потери воды на испарение,  $\delta = 1,1$ ;

$\sum Q_m$  – расход устройств полива, л/с;

$k$  – коэффициент использования рабочего времени,  $k = 0,7, \dots, 0,8$ .

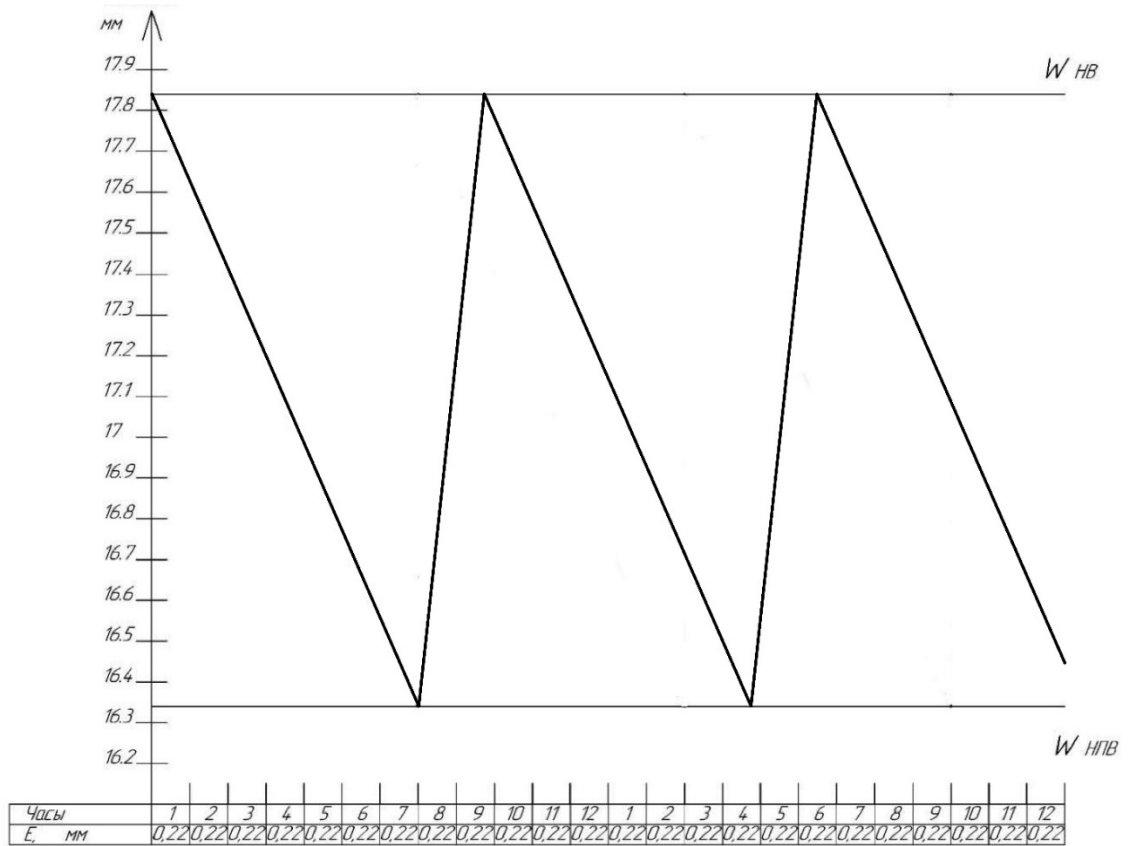


Рисунок 2.4 – Динамика влагозапасов субстрата и покровного материала в период вегетации шампиньонов

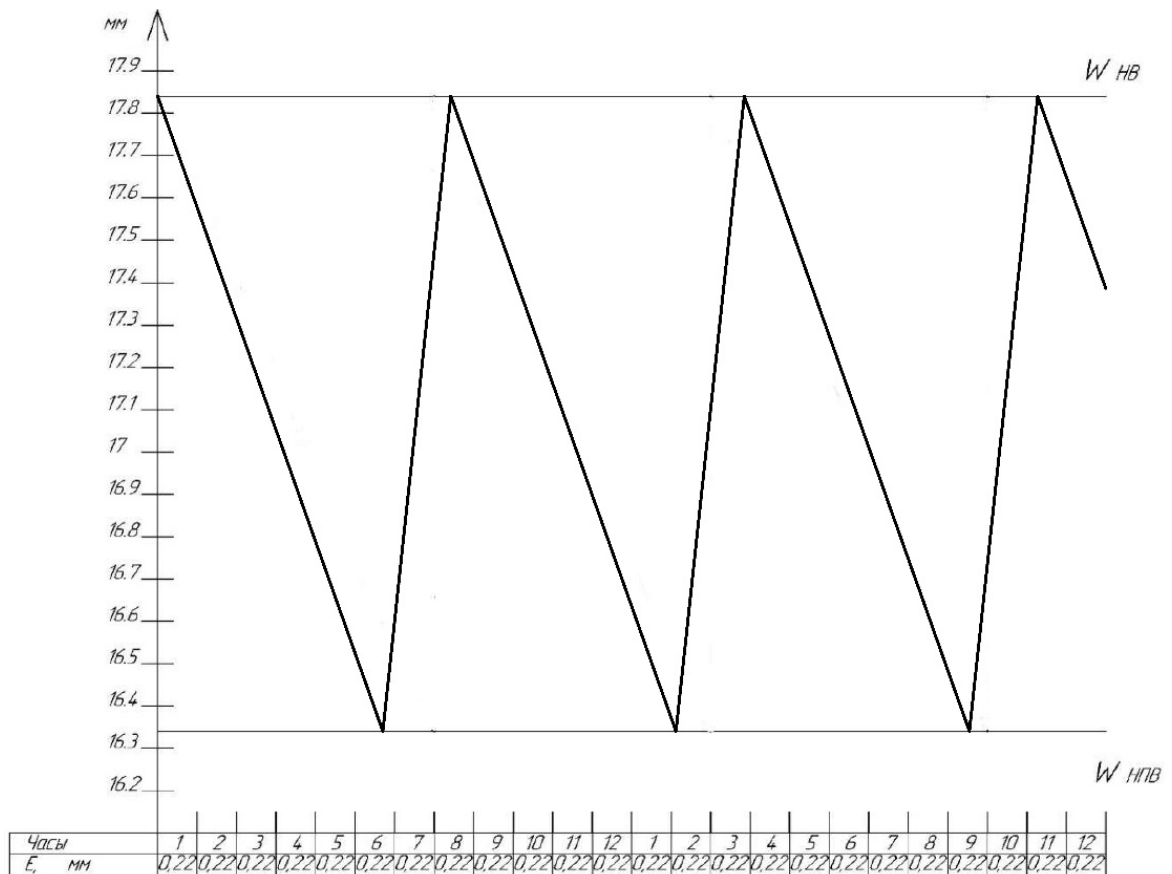


Рисунок 2.5 – Динамика влагозапасов субстрата и покровного материала в период 1-й волны плодоношения шампиньонов

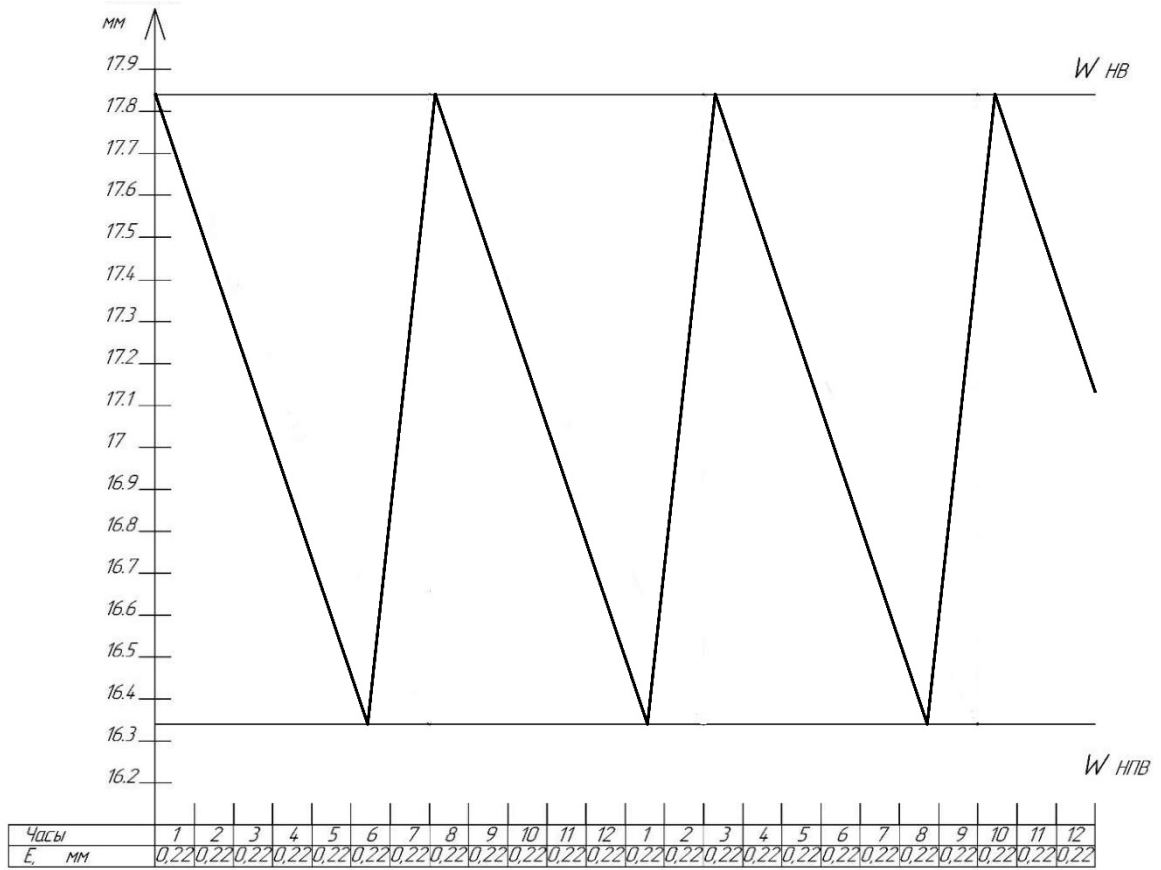


Рисунок 2.6 – Динамика влагозапасов субстрата и покровного материала в период 2-й волны плодоношения шампиньонов

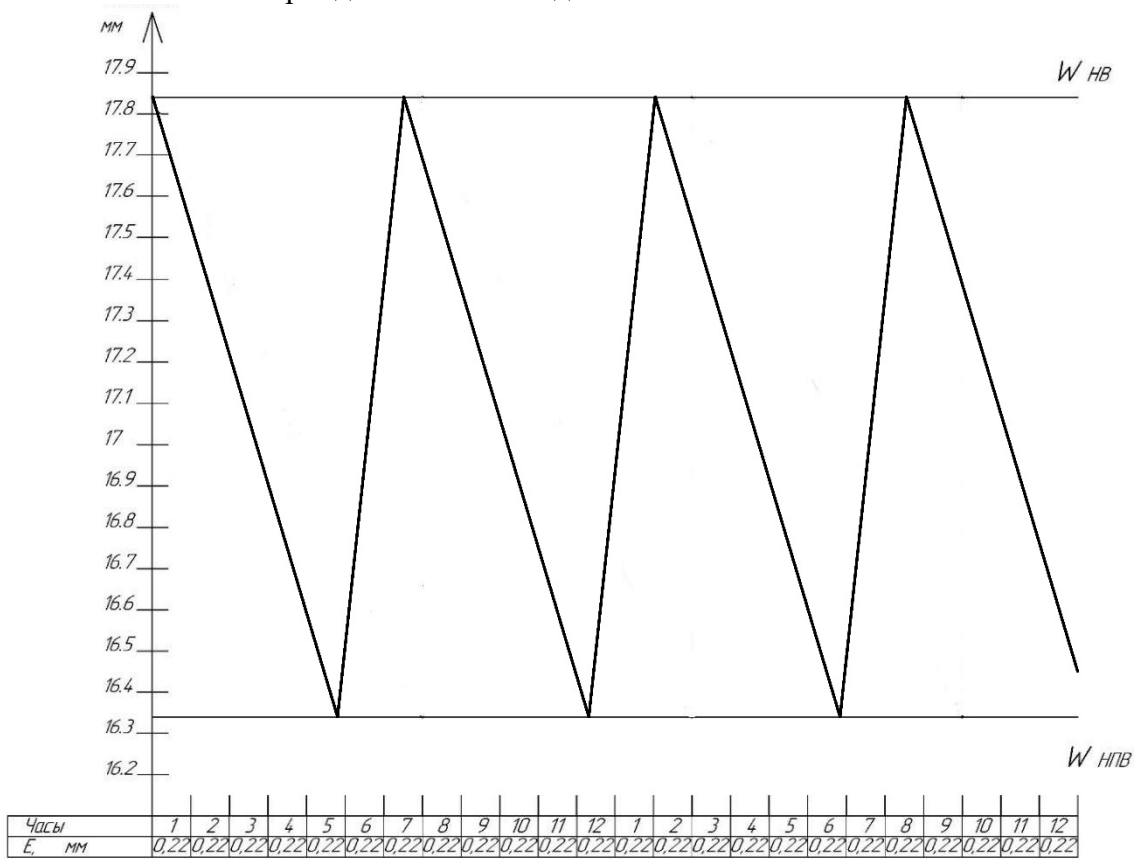


Рисунок 2.7 – Динамика влагозапасов субстрата и покровного материала в период 3-й волны плодоношения шампиньонов

КПД трубопровода  $\eta$ :

$$\eta = \frac{Q_{\text{нт}}}{Q_{\text{бр}}} = \frac{Q_{\text{бр}} - Q_{\text{пот}}}{Q_{\text{бр}}}, \quad (2.6)$$

где  $Q_{\text{нт}}$ ,  $Q_{\text{бр}}$  – расход трубопровода нетто и брутто соответственно, м<sup>3</sup>/с;  
 $Q_{\text{пот}}$  – потери воды в трубопроводе, м<sup>3</sup>/с.

Потребные объемы водоподачи в культивационной камере  $W$ :

$$W = \frac{\beta(m_1\omega_1 + m_n\omega_n)}{1000}, \quad (2.7)$$

где  $W$  – объем воды, подаваемый в культивационной камере, м<sup>3</sup>;

$\beta$  – коэффициент, учитывающий потери воды на испарение,  $\beta = 1,2$ ;

$m_1, \dots, m_n$  – поливная норма на каждом участке (стеллаже), л/м<sup>2</sup>;

$\omega_1, \dots, \omega_n$  – площадь участков, запланированных к поливу на расчетную декаду, м<sup>2</sup>.

Декадный расход воды брутто:

$$Q_{\text{бр}} = \frac{Q_{\text{нт}}}{\eta_{\text{в.хоз}}}. \quad (2.8)$$

Объем подачи воды для полива шампиньонов  $W_{\text{ТВ}}$  (м<sup>3</sup>):

$$W_{\text{ТВ}} = \frac{86,4Q_{\text{бр}}TK}{1000}, \quad (2.9)$$

где  $K = 0,8$ .

Плановый режим полива на 1 оборот шампиньонов с применением установки полива приведен в приложении А.

### **2.3 Теоретическое обоснование геометрических параметров сопла вверной дождевальной насадки**

Для понимания процесса истечения воды из сопла дождевальной насадки подробно рассмотрим взаимодействие потока воды со стенками сопла.

При входе в сопло на струю воздействуют центробежные силы, сжимая её. При этом сечение струи оказывается меньше ширины сопла. Скорость и сжатие струи будут зависеть от формы и длины сопла (рисунок 2.8) [44, 47, 133, 134].



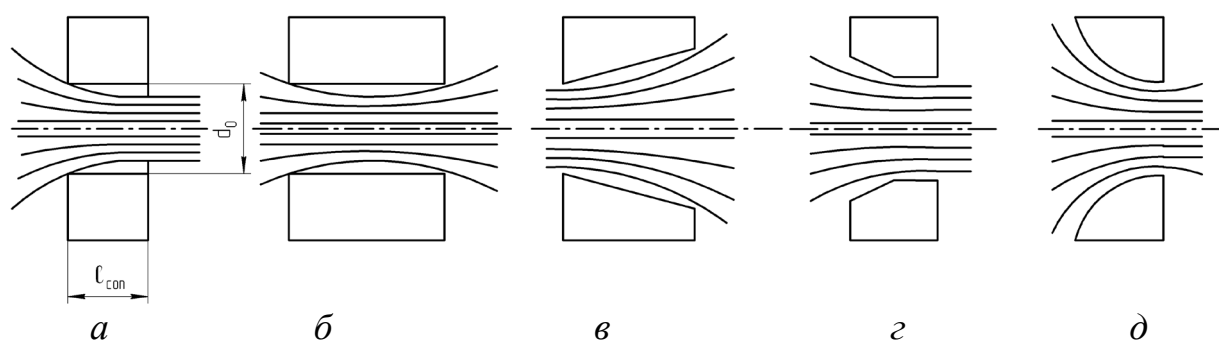


Рисунок 2.8 – Виды сопловых каналов дождевальных насадок: *a* – короткой цилиндрической формы; *б* – длинной цилиндрической формы; *в* – конической расходящейся формы; *г* – конической сходящейся формы; *д* – коноидальной формы

Для дождевальных насадок с различными видами сопловых каналов значения коэффициентов скорости потока, расхода воды и сжатия сечения струи, представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Значения коэффициентов расхода  $\mu$ , скорости  $\varphi$  и сжатия сечения  $\varepsilon$  для сопел различной формы [129]

Форма сопла	$\varepsilon$	$\varphi$	$\mu$
Короткая цилиндрическая	0,64	0,96	0,63
Длинная цилиндрическая	1,02	0,83	0,81
Конически расходящаяся	1,01	0,46-0,51	0,46-0,51
Конически сходящаяся	0,98	0,95	0,93
Коническая	1,03	0,99	0,97

По данным [44, 76], корневой угол должен составлять  $5^\circ \dots 20^\circ$  в зависимости от вида и формы сопла. У форсунок с длинным цилиндрическим каналом этот показатель  $5^\circ \dots 10^\circ$ , у конически сходящегося и коноидального вида –  $5^\circ$ .

Для дальнейших расчетов примем корневой угол сопла дождевальной насадки  $\beta = 5^\circ$ .

Для определения параметров процесса движения жидкости, истекающей из сопла дождевальной насадки, рассмотрим начальную скорость струи  $V_0$  (м/с), которую определим по формуле [44]:

$$V_0 = \varphi \sqrt{\frac{2(P_d - P_0)}{\rho_v}}, \quad (2.10)$$

где  $\varphi$  – коэффициент скорости истечения жидкости через сопло дождевальной насадки;

$P_d$  – давление струи воды на выходе из сопла, МПа;

$P_0$  – атмосферное давление, МПа;

$\rho_v$  – плотность жидкости (вода), кг/м<sup>3</sup>.

Расход воды  $Q$  (м<sup>3</sup>/с), истекающей из сопла дождевальной насадки, [46, 71]:

$$Q = S\mu\sqrt{2gH_{вх}}, \quad (2.11)$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения сопла дождевальной насадки, м<sup>2</sup>;

$\mu$  – коэффициент расхода воды, истекающей через отверстие;

$H_{вх}$  – напор воды на входе в дождевальную насадку, м.

### 2.3.1 Параметры потока после схода с сопла

Исследователи механизмов дробления жидкости на капли при распыливании из дождевальной насадки [44, 55, 60, 76, 139] утверждают, что параметры капель зависят от формы струи, вытекающей из сопла, и разницы давлений потока в насадке и окружающего воздуха.

Сделаем допущение, что при полете на каплю дождя после ее схода с сопла дождевальной насадки действует только сила тяжести  $\overrightarrow{mg}$ , т. е. она движется с постоянным по величине и направлению ускорением  $\overrightarrow{g}$  свободного падения (рисунок 2.9), а сопротивлением воздуха пренебрежём [6].

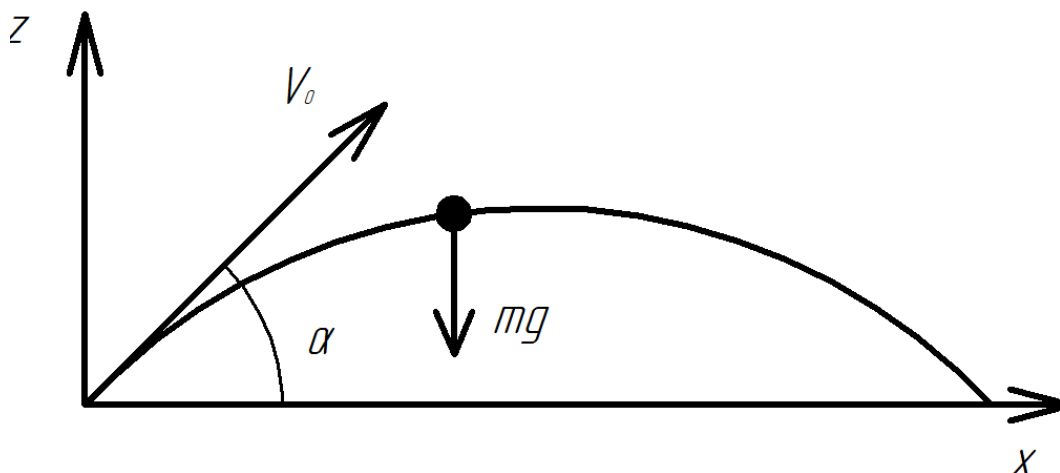


Рисунок 2.9 – Траектория движения капли

Для построения графика движения капли по осям  $x$  и  $z$  составим дифференциальные уравнения движения на основе второго закона динамики и из кинематических соотношений:

$$x = V_0 \cos \alpha; \quad (2.12)$$

$$z = V_0 \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}, \quad (2.13)$$

где  $\alpha$  – угол полета капли;

$g$  – ускорение свободного падения;

$t$  – время полета капли, с.

### 2.3.2 Определение траектории капли

Траекторией называется кривая линия, описываемая центром тяжести капли в полете.

Выражения (2.12) и (2.13) являются параметрическими уравнениями кривой. Для получения уравнения траектории в координатной форме (в явном виде) исключим из этих уравнений время  $t$ , для чего выразим его из уравнения (2.12) и подставим в уравнение (2.13):

$$z = V_0 \sin \alpha \frac{x}{V_0 \cos \alpha} - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} \quad \text{или} \quad z = x \operatorname{tg} \alpha - \frac{gx^2}{2V^2 \cos^2 \alpha}. \quad (2.14)$$

В нашем случае  $z = h$ ;  $x = l$ , тогда уравнение (2.14) примет вид:

$$h = V_0 \sin \alpha \frac{l}{V_0 \cos \alpha} - \frac{gl^2}{2V_0^2 \cos^2 \alpha} \quad \text{или} \quad h = l \operatorname{tg} \alpha - \frac{gl^2}{2V^2 \cos^2 \alpha}. \quad (2.15)$$

Полученное уравнение (2.15) является уравнением траектории в явном виде и графически изображается параболой, в общем случае уравнение которой, как известно из математики [6], имеет вид:

$$z = ax^2 + bx + c. \quad (2.16)$$

В нашем случае:

$$a = -\frac{g}{2V_0^2 \cos^2 \alpha}; \quad b = \operatorname{tg} \alpha; \quad c = 0. \quad (2.17)$$

На рисунке 2.10 представлена схема движения капли в безвоздушном пространстве при сходе потока с сопла дождевальной насадки.

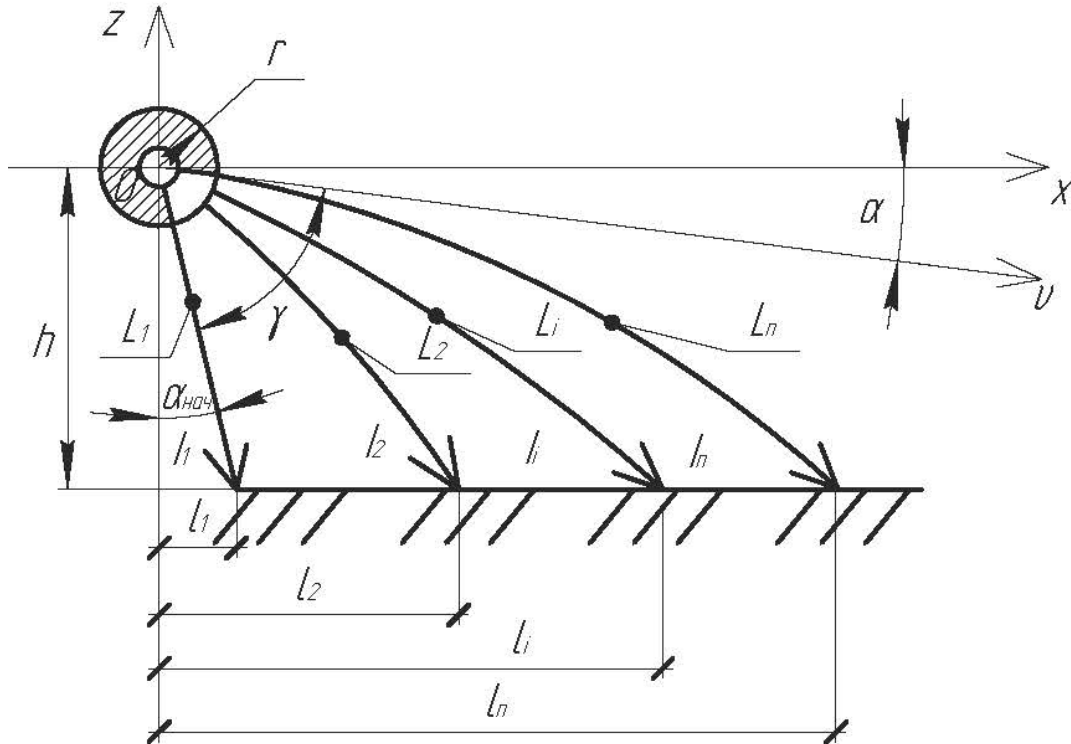


Рисунок 2.10 – Схема движения капли в безвоздушном пространстве при сходе потока с сопла дождевальной насадки

### 2.3.3 Определение угла раскрытия сопла $\gamma$ , при котором капля попадает в точку с заданными координатами $x$ и $z$

Преобразуем уравнение (2.15) траектории капли, применив тождество:

$$\frac{1}{\cos^2 \alpha} = 1 + \operatorname{tg}^2 \alpha.$$

Получим:

$$h = l \operatorname{tg} \alpha - \frac{gl^2}{2V_0^2} (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha). \quad (2.18)$$

После преобразований уравнения (2.18) получим квадратное уравнение относительно  $\operatorname{tg} \alpha$  вида:

$$\operatorname{tg}^2 \alpha - \frac{2V_0^2}{gl^2} \operatorname{tg} \alpha + \left( 1 + \frac{2V_0^2}{gl^2} h \right) = 0. \quad (2.19)$$

Решение уравнения (2.19) имеет вид:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_0^2}{gl} \pm \sqrt{\frac{V_0^2}{g^2 l^2} - \left( 1 + \frac{2V_0^2}{gl^2} h \right)},$$

или

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{V_0^2 \pm \sqrt{V_0^4 - g(gl^2 + 2V_0^2 h)}}{gl^2}. \quad (2.20)$$

Формула для определения угла  $\alpha$  с учетом коэффициента сопротивления среды  $k_c$ :

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left( k_c \frac{V_0^2 \pm \sqrt{V_0^4 - g(gl^2 + 2V_0^2 h)}}{gl^2} \right). \quad (2.21)$$

Для определения реальной траектории полета капли рассмотрим влияние сопротивления среды.

При числах Рейнольдса  $0 < \operatorname{Re} < 10^4$  была принята эмпирическая зависимость коэффициента лобового сопротивления  $k_c$  [61]:

$$k_c = \frac{24}{\operatorname{Re}} + \frac{4,565}{\sqrt[3]{\operatorname{Re}}} - \sqrt{\frac{0,491}{\operatorname{Re}}}. \quad (2.22)$$

Расчетное значение числа Рейнольдса:

$$\operatorname{Re} = \frac{V_l d_k}{\nu_{\text{воз}}}, \quad (2.23)$$

где  $\nu_{\text{воз}}$  – кинематическая вязкость воздуха, м<sup>2</sup>/с, при температуре воздуха 20 °С  
 $\nu_{\text{воз}} = 15,7 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с;

$d_k$  – диаметр капли, мм, согласно условию,  $d_k \approx \varepsilon b = b_{\text{пл}}$ .

Угол раскрытия сопла  $\gamma$  определим по формуле:

$$\gamma = 90^\circ - \alpha - \alpha_{\text{нач}}, \quad (2.24)$$

где  $\alpha_{\text{нач}}$  – угол, зависящий от заданных конструктивных параметров:

$$\text{tg } \alpha_{\text{нач}} = \frac{l_1}{h}. \quad (2.25)$$

Тогда формула для определения угла раскрытия сопла будет иметь вид:

$$\gamma = 90 - \left| \arctg \left( k_c \frac{V_0^2 \pm \sqrt{V_0^4 - g(gl^2 + 2V_0^2 h)}}{gl^2} \right) \right| - \left| \arctg \frac{l_1}{h} \right|. \quad (2.26)$$

### 2.3.4 Определение высоты сопла $a$ , при которой обеспечивается перекрытие зоны полива

Высоту сопла  $a$  определим по формуле расчета длины дуги:

$$a = \frac{\pi r}{180^\circ} \gamma,$$

или

$$a = \frac{\pi r}{180^\circ} \left\{ 90 - \left| \arctg \left( k_c \frac{V_0^2 \pm \sqrt{V_0^4 - g(gl^2 + 2V_0^2 h)}}{gl^2} \right) \right| - \left| \arctg \frac{l_1}{h} \right| \right\}, \quad (2.27)$$

где  $r$  – радиус насадки, м.

### 2.3.5 Определение ширины сопла $b$ , при которой обеспечивается равномерное распределение интенсивности дождя $I$ по всей зоне полива

Интенсивность полива будем рассматривать как характеристику равномерности распределения влаги по поддону за определенное установленное время.

Вариация ширины сопла  $b$  от  $b_j$  до  $b_{j+1}$ , т. е.  $b \in [b_j; b_{j+1}]$ ,  $j = \bar{1}$ . В свою очередь, высота сопла  $a$  остается неизменной при определенной конструкции, но при смене параметров высота также будет определяться значениями из промежутка  $a \in [a_i; a_{i+1}]$ ,  $i = \bar{1}$ .

Рассмотрим интенсивность полива на каждом интервале  $[\beta_i; \beta_{i+1}]$ . Тогда формула для расчета интенсивности полива  $I_i$  примет вид:

$$I_i = \frac{60Q_i}{A_i},$$

или

$$I_i = \frac{60(S_i \mu \sqrt{2gH_{\text{вх}}})}{l_i B}, \quad (2.28)$$

где  $A_i$  – площадь зоны полива, охватываемая при поливе установкой на месте,  $\text{м}^2$ ;

$S_i$  – площадь сопла дождевальной насадки,  $\text{м}^2$ ;

$B$  – ширина зоны полива, охватываемая при поливе установкой на месте, м.

Ширину зоны полива  $B_i$  определим, используя рисунок 2.11.

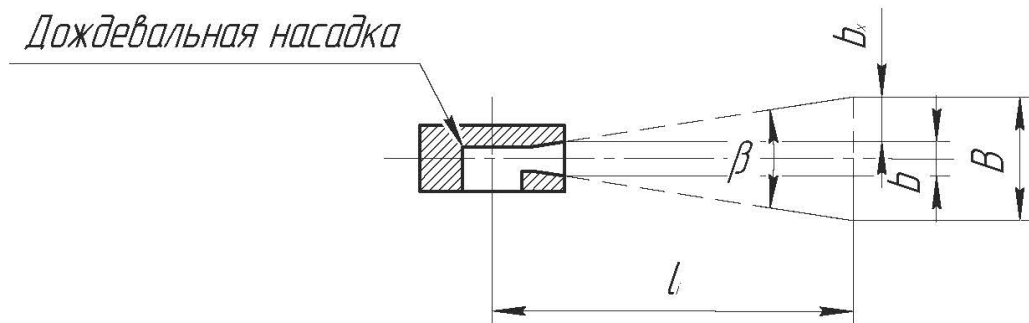


Рисунок 2.11 – Схема расширения струи воды при сходе с сопла насадки

Исходя из рисунка 2.11:

$$B = b + 2b_x, \quad (2.29)$$

где  $2b_x$  – величина расширения потока, м:

$$\text{tg } \beta = \frac{b_x}{l_i} \Rightarrow b_x = l_i \text{tg } \frac{\beta}{2}. \quad (2.30)$$

Таким образом, формула для определения ширины зоны полива будет иметь следующий вид:

$$B_i = b_i + 2l_i \text{tg } \frac{\beta}{2}. \quad (2.31)$$

Для восприятия зависимости интенсивности полива используем принцип

подобия частей технических средств или обрабатываемых материалов геометрическим фигурам (рисунок 2.12) [126]. Представим форму сопла в  $i$ -й зоне в виде прямоугольника, тогда формула для определения ширины сопла в этой зоне примет следующий вид:

$$b_i = \frac{I_i l_i B}{60(a_i \mu \sqrt{2gH_{\text{вх}}})}. \quad (2.32)$$

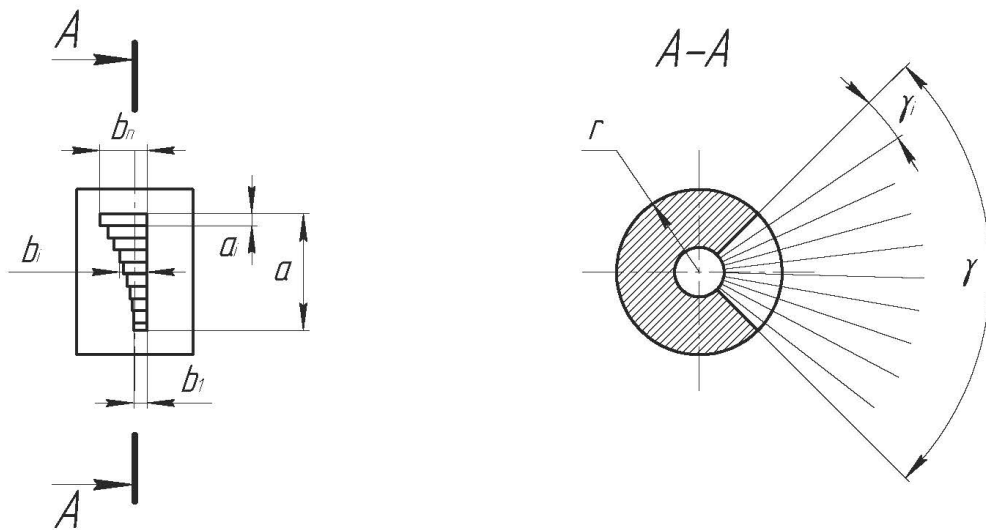


Рисунок 2.12 – Схема дождевальной насадки с соплом, разделенным на  $i$ -е участки

По результатам зависимости (2.32) получили теоретические данные и построили графики (рисунки 2.13 и 2.14).



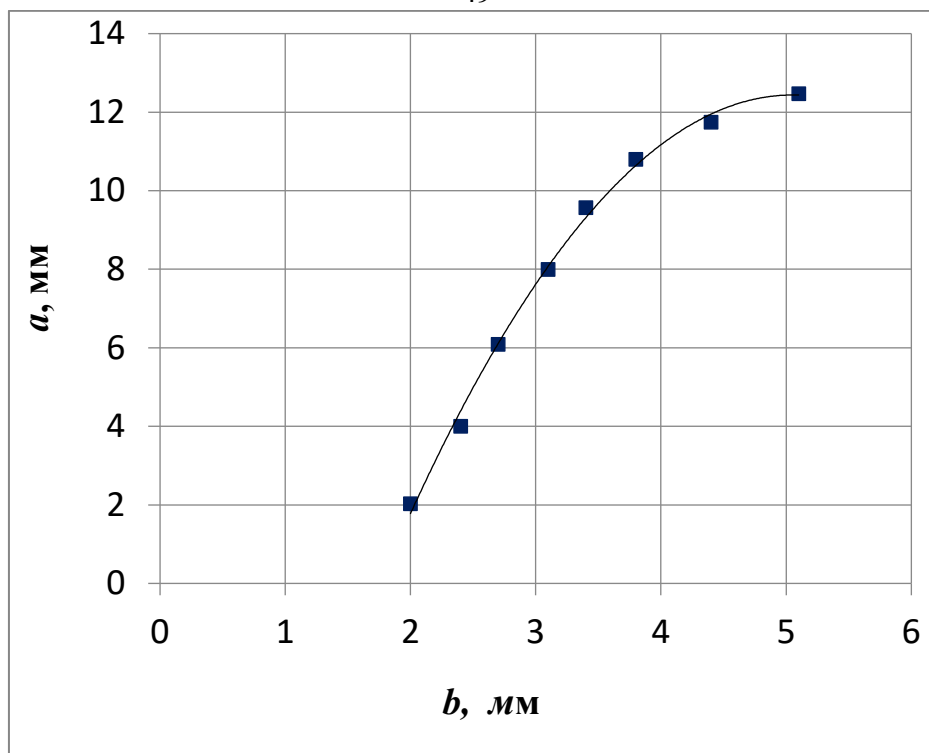


Рисунок 2.13 – Зависимость изменения высоты  $a$  сопла дождевальной насадки от его ширины  $b$

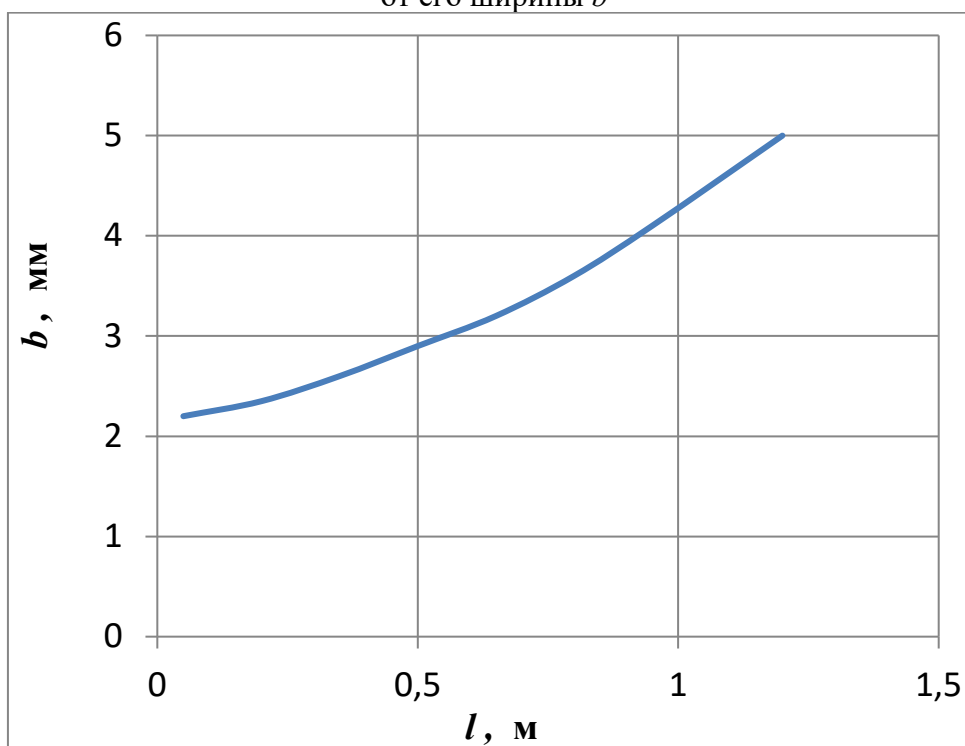


Рисунок 2.14 – Зависимость изменения ширины  $b$  сопла дождевальной насадки от длины полива  $l$

В результате проведенной математической обработки данных, полученных по зависимости (2.32) (рисунок 2.13), получили формулу для расчета площади сопла  $S$ :

$$S = 41,562 \frac{b_i^{0,088}}{0,088}. \quad (2.33)$$

Формула для определения интенсивности дождя  $I_i$ , формируемого предлагаемой дождевальнoй насадкой:

$$I_i = \frac{60 \left( \left[ 41,562 \frac{b_i^{0,088}}{0,088} \right] \mu \sqrt{2gH_{\text{вх}}} \right)}{l_i B_i}. \quad (2.34)$$

Интенсивность дождя в каждой зоне полива:

$$I_{i-1} = \frac{60 \left( S_{i-1} \mu \sqrt{2gH_{\text{вх}}} \right)}{l_{i-1} B_{i-1}}; \quad (2.35)$$

$$I_{i+1} = \frac{60 \left( S_{i+1} \mu \sqrt{2gH_{\text{вх}}} \right)}{l_{i+1} B_{i+1}}. \quad (2.36)$$

Учитывая, что интенсивность дождя зависит от геометрических параметров сопла насадки, из формулы (2.35) выведем формулу для определения требуемой ширины сопла  $b_i = f(I_i; H; B_i; l_i; g; \mu; a_i; a_i)$ :

$$b'_i = \sqrt[44]{\left( \frac{I_i l_i B_i}{2493,72 \mu \sqrt{2gH_{\text{вх}}}} \right)^{125}}. \quad (2.37)$$

Одной из важнейших качественных характеристик дождя, влияющих на качество шампиньонов, является диаметр капель. Для определения этого показателя используем формулу, предложенную В. А. Бородиным, Ю. Ф. Дитякиным, Л. А. Клячко и В. И. Ягодкиным [44], введя в нее скорость образования капли  $V_{\text{кап}}$  (м/с):

$$d_k = \frac{3\pi F_{\text{нат}}}{\rho_{\text{в}} V_0 V_{\text{кап}}}, \quad (2.38)$$

где  $F_{\text{нат}}$  – сила поверхностного натяжения, Н/м.

Скорость образования капли дождя зависит от расхода воды, проходящей через сопло насадки, на который влияют изменение напора, коэффициент расхода и площадь поперечного сечения сопла. При неизменном напоре на расход воды будет влиять площадь поперечного сечения сопла. Учитывая, что толщину пленки,

из которой в процессе распада формируются капли, определяет ширина сопла насадки ( $\varepsilon b = b_{\text{пл}}$ ), формула для расчета скорости образования капли примет вид [74, 119]:

$$V_{\text{кап}} = \frac{\varepsilon b}{t_{\text{кап}}}, \quad (2.39)$$

где  $t_{\text{кап}}$  – время, за которое образуется капля, с.

Таким образом, формула для определения диаметра капель:

$$d_{\text{к}} = \frac{3\pi F_{\text{нат}} t_{\text{кап}}}{\rho_{\text{в}} \varphi \varepsilon b'_i \sqrt{\frac{2(P_{\text{д}} - P_0)}{\rho_{\text{в}}}}}, \quad (2.40)$$

или

$$d_{\text{к}} = \frac{3\pi F_{\text{нат}} t_{\text{кап}}}{\rho_{\text{в}} \varphi \varepsilon^{44} \sqrt{\left(\frac{2493,72 \mu \sqrt{2gH_{\text{вх}}}}{I_i l_i B_i}\right)^{125}} \sqrt{\frac{2(P_{\text{д}} - P_0)}{\rho_{\text{в}}}}}. \quad (2.41)$$

### 2.3.6 Определение равномерности полива $\sigma$

Для обеспечения равномерности полива интенсивность дождя в каждой зоне полива должна удовлетворять условию  $I_{i-1} = I = I_{i+1}$ . Она определяется через коэффициент равномерности полива  $\sigma$  по Кристиансену [128]:

$$\sigma = 100 \left( \frac{\sum I_i - I_c}{I_c} \right), \quad (2.42)$$

где  $|I_i - I_c|$  – абсолютная величина отклонения  $i$ -го замера от средней интенсивности, мм/мин;

$I_c$  – средняя интенсивность, мм/мин:

$$I_c = \frac{I_1 + I_2 + I_i + I_n}{n}. \quad (2.43)$$

Просуммировав значения интенсивности полива на каждом из участков ( $i; j$ )

из формулы (2.34), получим значение интенсивности  $I$  по всей площади:

$$\sum_{i=1}^n I_i = I_1 + I_2 + I_i + I_n. \quad (2.44)$$

Воспользовавшись формулой (2.34), построили графические зависимости (рисунки 2.15 и 2.16).

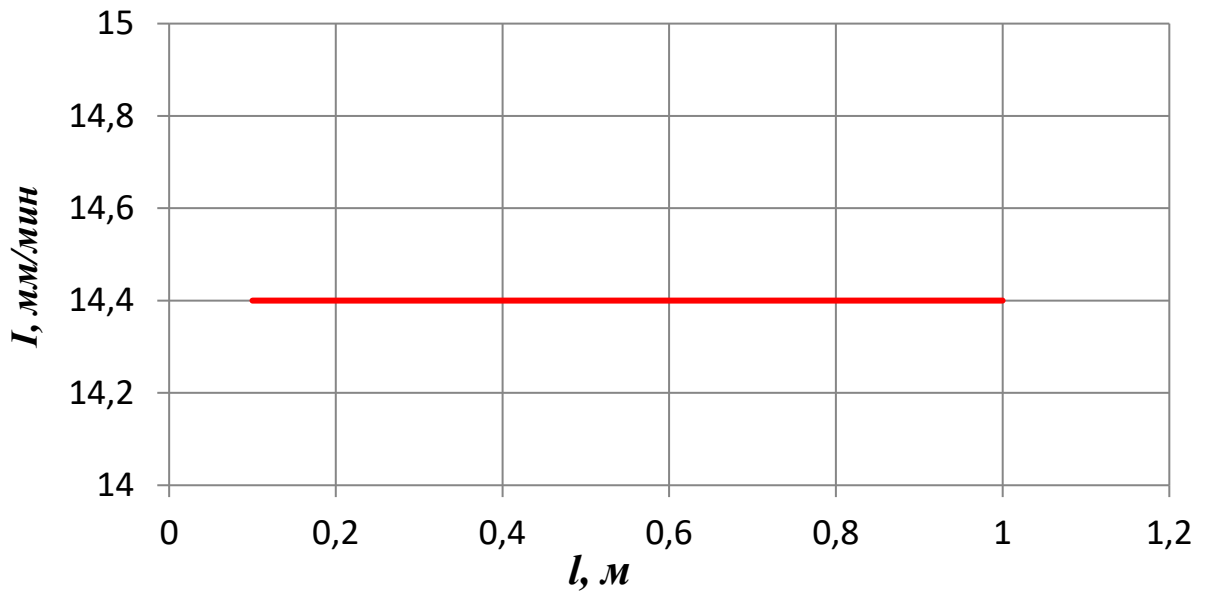


Рисунок 2.15 – Изменение интенсивности дождя  $I$  (мм/мин) по длине зоны полива  $l$  (м)

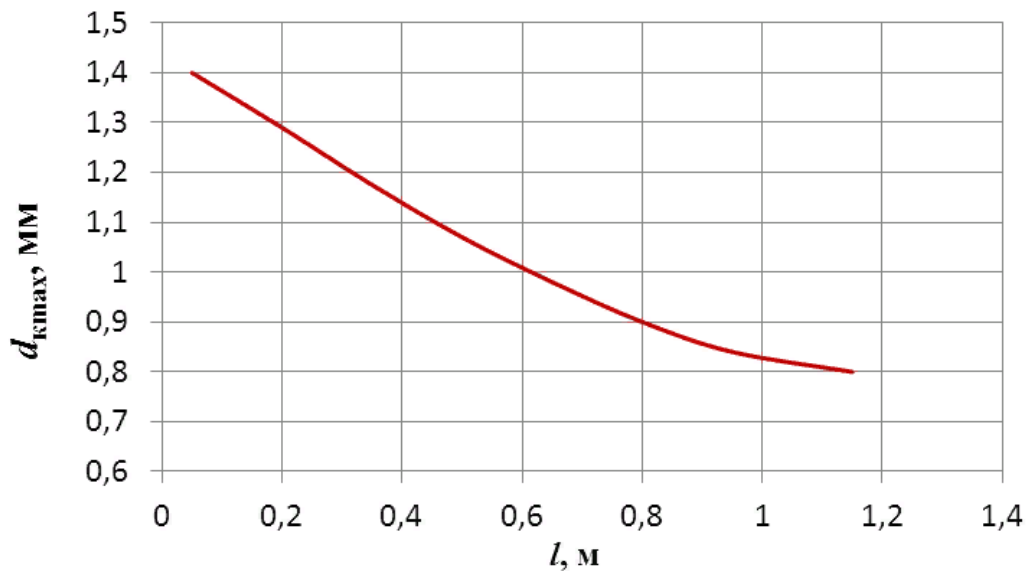


Рисунок 2.16 – Изменение диаметра капель дождя  $d_k$  (мм) в зависимости от длины зоны полива  $l$  (м)

Исходя из полученных аналитических зависимостей (2.26), (2.27), (2.37), (2.41), были определены следующие геометрические параметры сопла веерной дождевальной насадки, при радиусе сопла  $r = 10$  мм, для обеспечения перекрытия всей длины

зоны полива угол раскрытия сопла  $\gamma = 72^\circ$ ; равномерного распределение дождя по всей длине зоны полива; корневой угол  $\beta = 5^\circ$ ; высота сопла  $a$ , изменяющаяся от 2 до 12 мм и ширина сопла  $b$ , от 2 до 5 мм, относительно увеличения длины зоны полива (рисунки 2.13, 2.14 и 2.17).

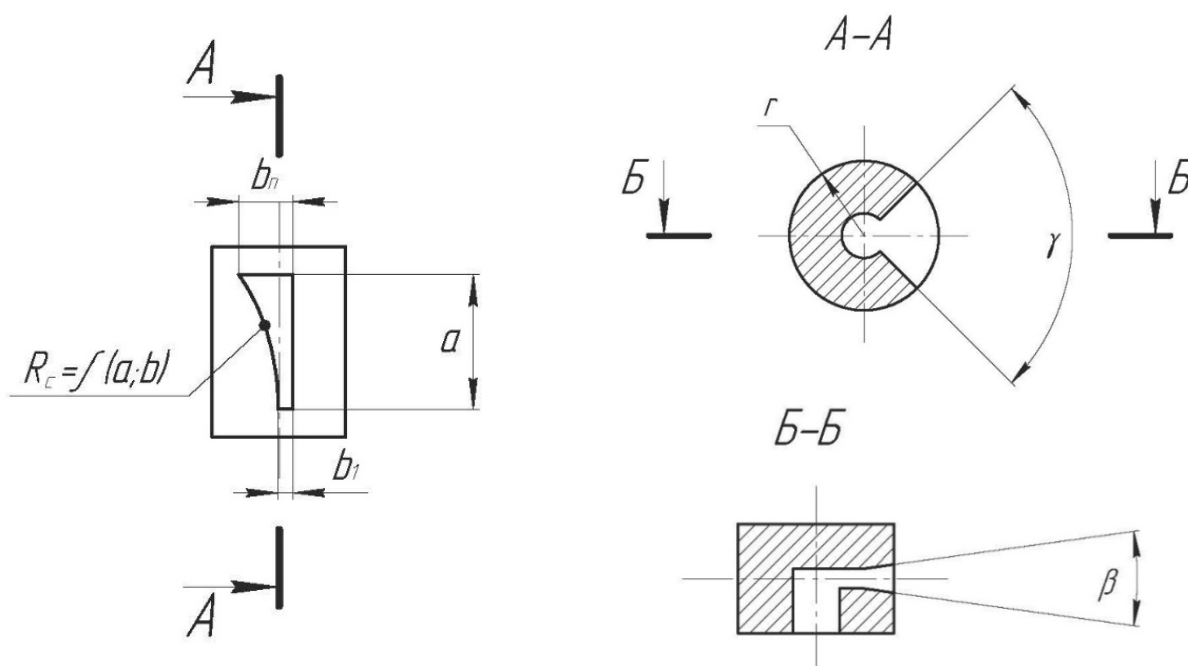


Рисунок 2.17 – Схема сопла веерной дождевальной насадки

### 2.3.7 Определение скорости перемещения установки полива $v_{пол}$ , обеспечивающей полив с требуемой интенсивностью дождя

Предлагаемая конструкция дождевальной насадки с переменным сечением сопла обеспечивает требуемые качественные показатели дождя (диаметр капель, интенсивность и равномерность полива). Так как установка полива осуществляет полив в процессе движения, то интенсивность полива по всей площади полива будет зависеть от равномерности ее передвижения, то есть установка должна перемещаться с ускорением равным нулю, следовательно скорость должна быть неизменной. Поэтому необходимо определить скорость передвижения установки полива  $v_{пол}$ , оснащенной веерной дождевальной насадкой с переменным сечением сопла, которая обеспечит требуемое значение слоя дождя  $h_{тр}$ , которое характеризуется интенсивностью дождя  $I$ .

Установка полива перемещается вдоль стеллажей с субстратом (зона полива)

и осуществляет полив сбоку, двигаясь вдоль оси  $y$  (рисунок 2.18). Рассмотрим зону полива, имеющую прямоугольную форму, как прямоугольник  $OABC$  в координатной плоскости  $XOY$ .

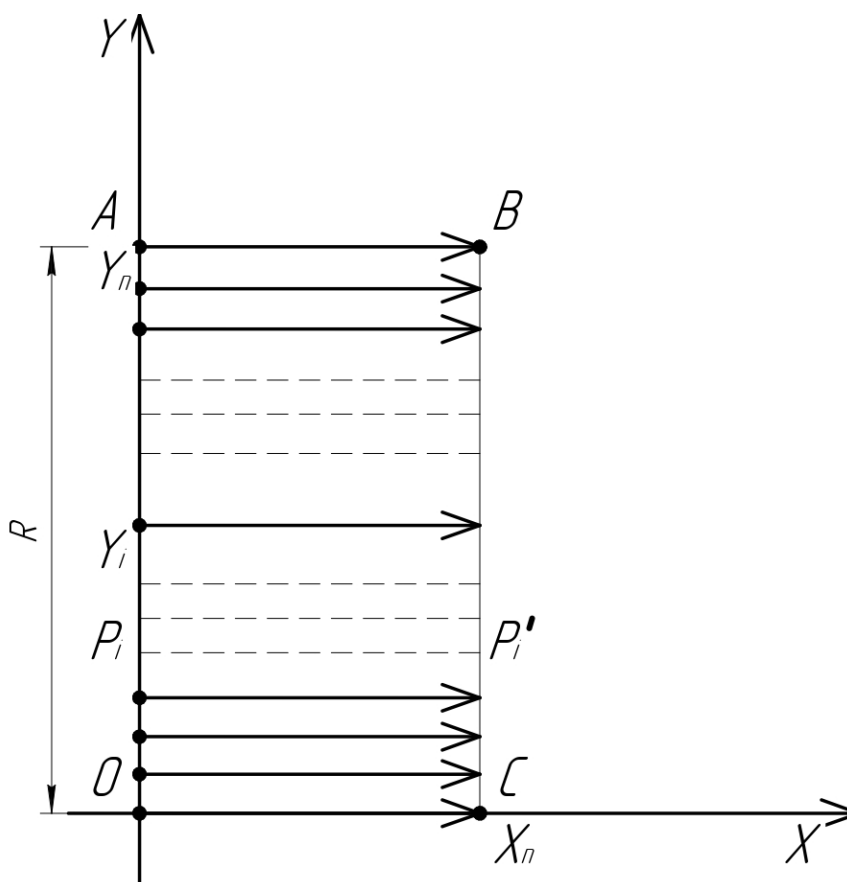


Рисунок 2.18 – Схема, описывающая процесс полива поливной установкой на участке теплицы (вид сверху)

Установка полива перемещается вдоль оси  $OY$ , осуществляя при этом полив. Условно данные точки можно представить в виде т.  $P_i(0; y_i)$ , где  $i = 0, n$ .

$$|OA| = y_n = |BC| \text{ – ширина поливной зоны;}$$

$$|AB| = x_n = |OC| \text{ – длина поливной зоны.}$$

Занимая стационарное положение, в условно определенный момент времени в т.  $P_i$  установка осуществляет полив в направлении вектора  $\overrightarrow{P_i P_i'}$ , причем каждый из этих векторов – представитель множества  $\{\overrightarrow{P_i P_i'}\}_{i=1}^n$ . Векторы  $\overrightarrow{P_i P_i'}$  являются коллинеарными, т. е. сонаправленными, и имеют одинаковую длину:

$$\overrightarrow{P_0P_0} \uparrow\uparrow \overrightarrow{P_1P_1} \uparrow\uparrow \dots \overrightarrow{P_iP_i} \uparrow\uparrow \overrightarrow{P_nP_n} \uparrow\uparrow \text{ и } |\overrightarrow{P_0P_0}| = |\overrightarrow{P_1P_1}| = \dots = |\overrightarrow{P_iP_i}| = \dots = |\overrightarrow{P_nP_n}|.$$

Опираясь на исходные данные, считаем, что площадь орошаемой площади  $A$  (м<sup>2</sup>):

$$A = |OA| |AB| = Y_n X_n. \quad (2.45)$$

Определим оптимальную скорость движения установки полива  $v_{\text{пол}}$ :

$$v_{\text{пол}} = \frac{60Q}{l_{\text{п}} h_{\text{тр}}}. \quad (2.46)$$

В нашем случае формула (2.46) примет следующий вид:

$$v_{\text{пол}} = \frac{60 \left( \left[ 41,562 \frac{b_i^{0,088}}{0,088} \right] \mu \sqrt{2gH_{\text{вх}}} \right)}{l_{\text{п}} h_{\text{тр}}}, \quad (2.47)$$

где  $h_{\text{тр}}$  – требуемое значение слоя дождя, м.

По формуле (2.47) было получено значение скорости перемещения поливной установки, обеспечивающей полив с требуемым значением слоя дождя, –  $v_{\text{пол}} = 0,54$  м/мин.

## 2.4 Выводы по главе

1. Для формирования дождя с высокими качественными показателями была разработана новая конструкция веерной дождевальной насадки для автоматизированной поливной установки, работающей в культивационной камере (патент РФ на полезную модель № 218218 – приложение Д).

2. Проведенные теоретические исследования позволили получить математические зависимости для определения рациональных конструктивно-технологических параметров веерной дождевальной насадки с переменным сечением сопла, способной обеспечивать равномерный полив с требуемыми качественными параметрами дождя:

- угол раскрытия сопла – формула (2.26);
- высота сопла – формула (2.27);

- ширина сопла – формула (2.37);
- равномерность полива, обеспечиваемая постоянством интенсивности дождя, – формула (2.34);
- скорость движения поливной установки – формула (2.47).

3. Определены рациональные конструктивные параметры всерной дождеваль-ной насадки с переменным сечением сопла:

- радиус насадки  $r = 20$  мм;
- угол раскрытия сопла  $\gamma = 72^\circ$
- ширина сопла насадки  $b = 2 \div 5$  мм;
- высота сопла насадки  $a = 2 \div 12$  мм;
- скорость движения поливной установки  $v_{\text{пол}} = 0,54$  м/мин.



### 3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

#### 3.1 Техническая база объекта проведения исследований

Производство грибов в современных условиях – это энергозатратная и капиталоемкая отрасль, требующая постоянного решения научных задач в области систем автоматики, контроля климата и в других областях.

Для выращивания шампиньонов в тепличных условиях УНПК «Агроцентр» ФГБОУ ВО Вавиловский университет была использована ресурсосберегающая климатическая установка, предназначенная для обеспечения контроля и поддержания оптимальных климатических параметров, необходимых для выращивания этих грибов.

Климатическая установка содержит компьютер (рисунок 3.1), который посредством подключенных к нему датчиков осуществляет мониторинг температуры, влажности и углекислого газа, которые позволяют получать средние показания его температуры на каждом ярусе и по всей площади камеры; влажность воздуха внутри камеры выращивания; содержание углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) в атмосфере внутри камеры выращивания.



Рисунок 3.1 – Шкаф с компьютером для управления климатической установкой

### **3.2 Программа оценки работы установки полива**

Была составлена программа лабораторных и полевых экспериментальных исследований разработанной веерной дождевальной насадки для установки полива шампиньонов с целью подтверждения достоверности полученных результатов и их соответствия теоретическим расчетам.

Программа исследований состояла из трех этапов.

На I этапе проводили лабораторные исследования веерных дождевальных насадок. Были изучены расходные характеристики, дальность полета капель в зависимости от давления, формы и площади сечения сопла, а также интенсивность дождя по длине зоны полива, диаметр капель дождя, создаваемого насадкой, характер распределения дождя вдоль зоны полива веерной дождевальной насадкой.

На II этапе исследовали эксплуатационные показатели установки полива шампиньонов при разных давлениях, а также ее технические характеристики. Определяли расход воды веерными дождевальными насадками различных форм и сечений в зависимости от входного давления.

На III этапе проводили испытания установки полива с веерными дождевальными насадками с соплами различной формы и сечения. Исследовали агротехнические параметры дождя, определяли равномерность его распределения по поливной зоне субстрата, эмпирически оценивали, как меняется влажность покровного материала и субстрата при внесении нормы полива, а также исследовали конструктивно-технологические параметры веерных дождевальных насадок.

Определяли урожайность шампиньонов при поливе дождевальными насадками с различными формами и площадью сечения сопла. Была дана экономическая оценка выращивания шампиньонов с использованием веерных дождевальных насадок на установке полива.

### **3.3 Методика исследования качественных показателей полива веерными дождевальными насадками**

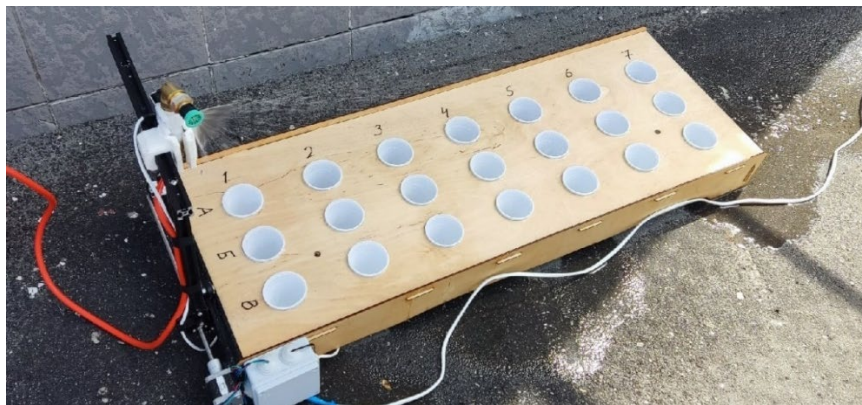
Опыты были выполнены в УНПК «Агроцентр» Саратовского государственного университета генетики биотехнологий и инженерии имени Н. И. Вавилова.

Скорость ветра при испытаниях не учитывали, поскольку эксперименты проводили в закрытом помещении. Агротехнические показатели полива дождевальными насадками исследовали согласно положениям СТО АИСТ 11.1-2010 [128].

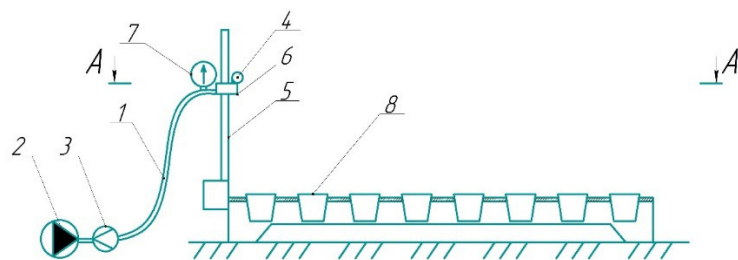
Была изготовлена лабораторная установка, с помощью которой проводили экспериментальные исследования (рисунок 3.2). Она представляет собой устройство, обеспечивающее подачу воды по напорному трубопроводу 1 от насоса 2 через расходомер 3 к дождевальной насадке 4. Последняя установлена на горизонтально перемещающейся стойке 5.

Исследовали работу трех дождевальных насадок с различными формами сечения сопла (рисунок 3.3): прямоугольной формы (см. рисунок 3.3, а); трапециевидной (см. рисунок 3.3, б) и с соплом переменной формы (см. рисунок 3.3, в).

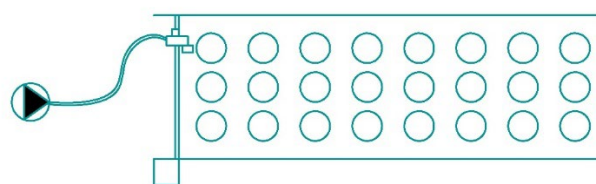
Общий вид веерной дождевальной насадки представлен на рисунке 3.4.



а



А-А



б

Рисунок 3.2 – Лабораторная поливная установка для исследования дождевальных насадок: *a* – общий вид; *б* – схема; 1 – напорный трубопровод; 2 – центробежный насос; 3 – расходомер; 4 – дождевальная насадка; 5 – перемещающаяся стойка; 6 – электромагнитный клапан; 7 – манометр; 8 – мерные емкости

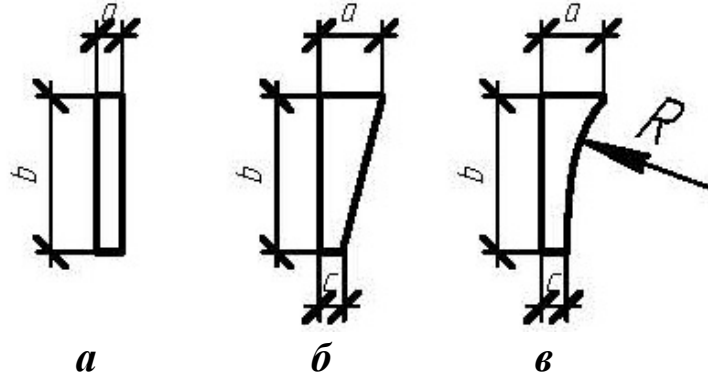


Рисунок 3.3 – Формы сопла дождевальной насадки: *a* – прямоугольная; *б* – трапецевидная; *в* – переменная

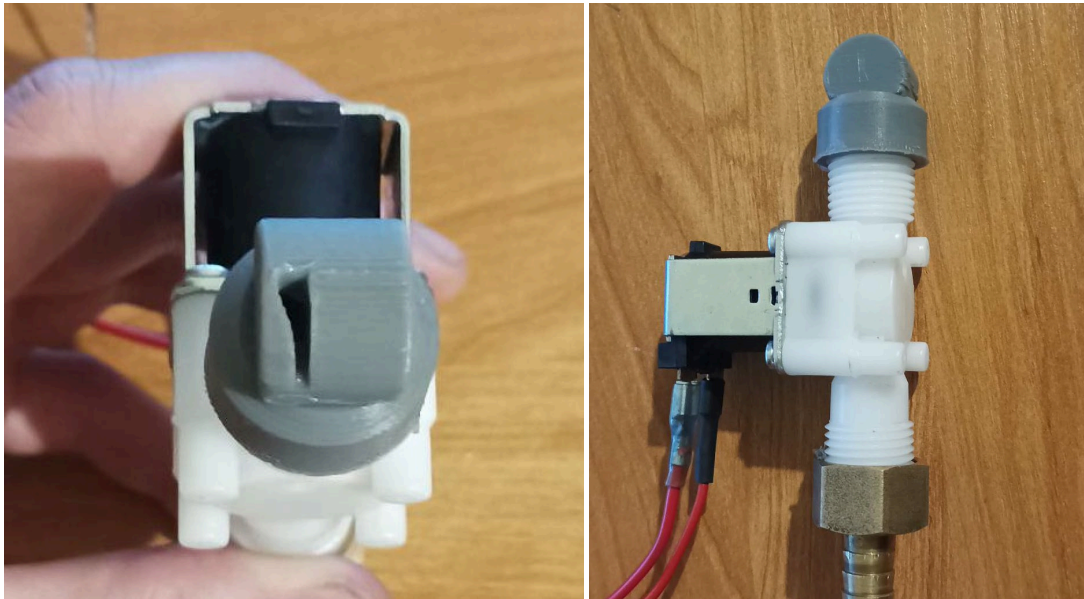


Рисунок 3.4 – Веерная дождевальная насадка

Регулировку давления в трубопроводе 1 (см. рисунок 3.2) осуществляли с помощью электромагнитного клапана 6, а давление измеряли с помощью манометра 7 (ГОСТ 2405-88). Мерные емкости 8 для измерения количества воды, выпавшей при дождевании, размещали перпендикулярно движению стойки с веерной дождевальной насадкой с интервалом 15 мм и параллельно движению с интервалом 10 мм в три ряда (рисунок 3.5).

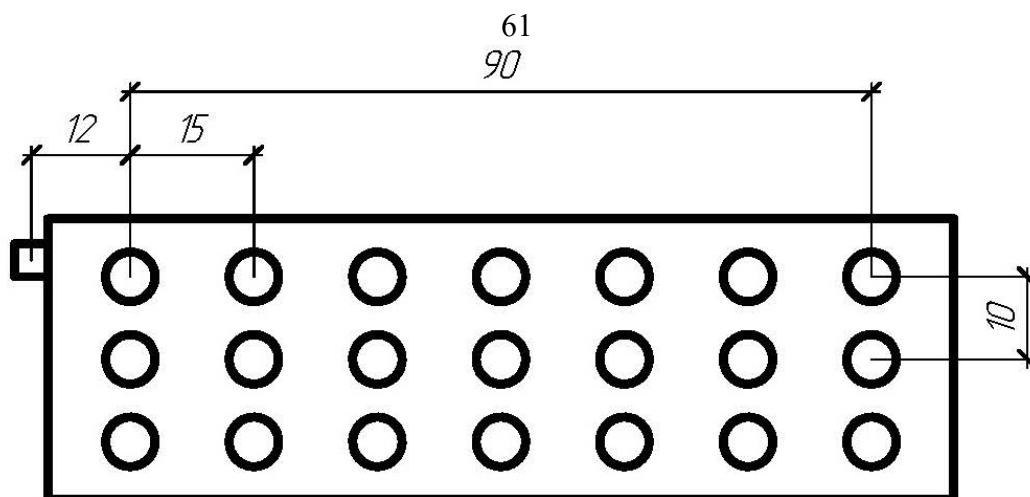


Рисунок 3.5 – Размещение мерных емкостей вдоль зоны полива

Расход воды веерными дождевальными насадками, имеющими различные формы и размеры сечения сопла, определяли по количеству воды, вылитой в мерный сосуд за время, которое засекали секундомером (ГОСТ 1197-70). С помощью трубки Пито измеряли давление на выходе струи из сопла насадки. Для этого трубку Пито помещали в струю на расстоянии 3–5 мм от насадки. Полученные результаты фиксировали и заносили в журнал испытаний.

Расход воды веерной дождевальной насадкой вычисляли по формуле [128]:

$$q = \frac{V}{t}, \quad (3.1)$$

где  $V$  – объем воды в мерном баке, л;

$t$  – время заполнения мерного бака, с.

Максимальную дальность полета капель дождя измеряли от оси установки веерных дождевальных насадок над поверхностью плоскости полива до точки падения последних капель. Дождевальную насадку располагали на высоте 0,4 м от рабочей поверхности.

Среднюю интенсивность дождя  $I_c$  рассчитывали по формуле:

$$I_c = \frac{60q}{lB}, \quad (3.2)$$

где  $q$  – расход воды, м<sup>3</sup>/с;

$l$  – максимальная длина полива дождевальной насадкой, м;

$B$  – максимальная ширина захвата струей площади полива, м.

Максимальную ширину захвата площади полива струей  $B$  устанавливали на основании замеров площади мгновенного полива.

Диаметр капель дождя, формируемых веерными дождевальными насадками, определяли с помощью обеззоленных бумажных фильтров, которые покрывали чернильным порошком, а затем устанавливали в прибор. Последний, помещенный в зону замера, открывали на короткое время, за которое на фильтр успевали попасть капли дождя, образовав на нем отпечатки. Фактический диаметр капель, исходя из полученных отпечатков, устанавливали с помощью тарировочной кривой (рисунок 3.6) [43, 128].

При исследовании веерных дождевальных насадок изменяли размер и форму выходного сопла.

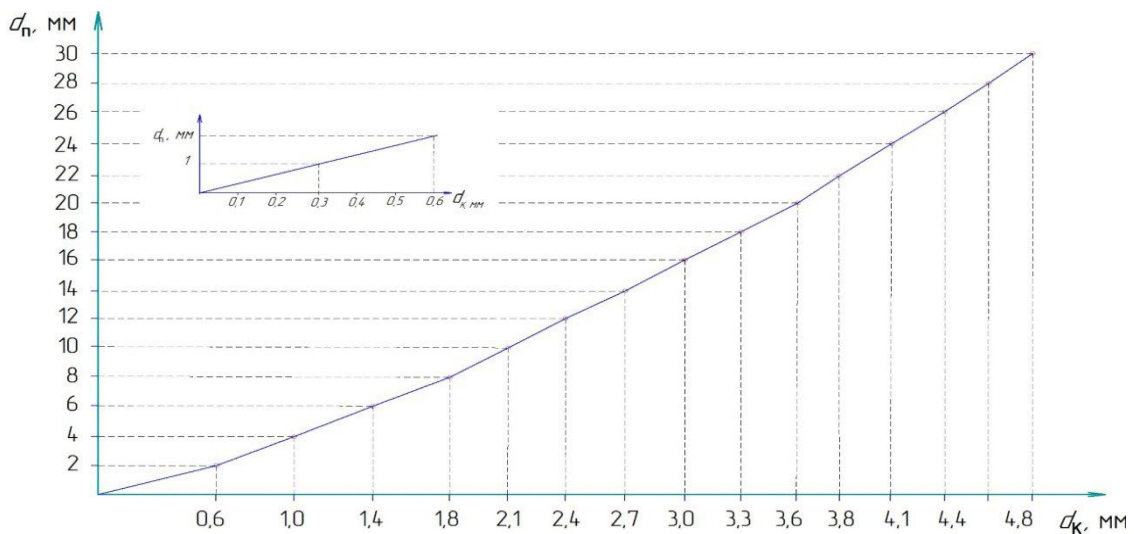


Рисунок 3.6 – Зависимость изменения диаметра капель дождя  $d_k$  от диаметра отпечатка  $d_n$  на бумажном фильтре

Равномерность и интенсивность полива дождеванием исследовали, устанавливая по длине и ширине зоны полива струйными веерными дождевальными насадками мерные емкости по прямоугольной сетке (см рисунок 3.5) с интервалом в продольном направлении 15 мм, а в поперечном 10 мм.

Для оценки равномерности полива дождевальной насадкой использовали формулу:

$$I' = \frac{I_c}{I_i}, \quad (3.3)$$

где  $I_c$  – средняя интенсивность дождя вдоль радиуса полива, мм/мин;

$I_i$  – интенсивность дождя в  $i$ -й точке радиуса полива, мм/мин.

Равномерность распределения дождя по длине зоны полива веерной дождевальной насадкой оценивали следующим образом.

1. Рассчитали коэффициент эффективности полива при условии, что сделано больше 100 замеров, используя СТО АИСТ 11.1-2010 [128].

2. Вычислили коэффициент равномерности полива по Кристиансену  $\sigma$  [128]:

$$\sigma = 100 \left( \frac{\sum |I_i - I_c| K_i}{I_c} \right), \quad (3.5)$$

где  $K_i$  – коэффициент площади под  $i$ -й мерной емкостью, учитывающей  $i$ -ю точку зоны захвата дождем.

$I_c$  – средняя интенсивность дождя, мм/мин.

Для оценки распределения интенсивности дождя по ширине зоны полива применяли методику с использованием  $\beta$ -распределения, разработанную в ВолжНИИГиМ [135]. Совпадение расчетных и опытных значений проверяли по  $\chi^2$ -критерию [39]:

$$\chi^2 = \sum \frac{(I_\phi - I_p)^2}{I_p}, \quad (3.6)$$

где  $I_\phi, I_p$  – соответственно фактическое и расчетное значения интенсивности дождя в  $i$ -й точке зоны захвата площади полива, мм/мин.

План двухфакторного эксперимента приведен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – План двухфакторного эксперимента

№	Уровень факторов				Критерий оптимизации – интенсивность дождя $I$ , мм/мин
	А (давление воды на выходе из сопла насадки)		В (ширина выходного от- верстия сопла насадки)		
	№	МПа	№	мм	
1	1	0,02	1	2	$I_1$
2	1	0,02	2	2,2	$I_2$
3	1	0,02	3	2,4	$I_3$
4	1	0,02	4	2,6	$I_4$
5	1	0,02	5	2,8	$I_5$
6	1	0,02	6	2,9	$I_6$
7	1	0,02	7	3	$I_7$
8	1	0,02	8	3,2	$I_8$
9	1	0,02	9	3,4	$I_9$
10	1	0,02	10	3,6	$I_{10}$
11	1	0,02	11	3,8	$I_{11}$
12	1	0,02	12	4	$I_{12}$
13	1	0,02	13	4,2	$I_{13}$
14	1	0,02	14	4,4	$I_{14}$
15	1	0,02	15	4,6	$I_{15}$
16	1	0,02	16	4,8	$I_{16}$
17	1	0,02	17	5	$I_{17}$
18	2	0,03	1	2	$I_{18}$
19	2	0,03	2	2,2	$I_{19}$
20	2	0,03	3	2,4	$I_{20}$
21	2	0,03	4	2,6	$I_{21}$
22	2	0,03	5	2,8	$I_{22}$
23	2	0,03	6	2,9	$I_{23}$
24	2	0,03	7	3	$I_{24}$
25	2	0,03	8	3,2	$I_{25}$
26	2	0,03	9	3,4	$I_{26}$
27	2	0,03	10	3,6	$I_{27}$
28	2	0,03	11	3,8	$I_{28}$
29	2	0,03	12	4	$I_{29}$
30	2	0,03	13	4,2	$I_{30}$
31	2	0,03	14	4,4	$I_{31}$
32	2	0,03	15	4,6	$I_{32}$
33	2	0,03	16	4,8	$I_{33}$
34	2	0,03	17	5	$I_{34}$
35	3	0,04	1	2	$I_{35}$
36	3	0,04	2	2,2	$I_{36}$
37	3	0,04	3	2,4	$I_{37}$
38	3	0,04	4	2,6	$I_{38}$
39	3	0,04	5	2,8	$I_{39}$
40	3	0,04	6	2,9	$I_{40}$
41	3	0,04	7	3	$I_{41}$
42	3	0,04	8	3,2	$I_{42}$



№	Уровень факторов				Критерий оптимизации – интенсивность дождя $I$ , мм/мин
	А (давление воды на выходе из сопла насадки)		В (ширина выходного от- верстия сопла насадки)		
	№	МПа	№	мм	
43	3	0,04	9	3,4	$I_{43}$
44	3	0,04	10	3,6	$I_{44}$
45	3	0,04	11	3,8	$I_{45}$
46	3	0,04	12	4	$I_{46}$
47	3	0,04	13	4,2	$I_{47}$
48	3	0,04	14	4,4	$I_{48}$
49	3	0,04	15	4,6	$I_{49}$
50	3	0,04	16	4,8	$I_{50}$
51	3	0,04	17	5	$I_{51}$

### 3.4 Методика лабораторно-производственных испытаний установки полива, оборудованной веерной дождевальными насадкой

Полевые испытания были проведены на территории грибницы УНПК «Агро-центр» ФГБОУ ВО Вавиловский университет (рисунок 3.7).



Рисунок 3.7 – Культивационная камера для выращивания шампиньонов

Полив стеллажей, на которых выращивали шампиньоны, осуществляли автоматизированной установкой полива с веерными дождевальными насадками. При агротехнической оценке ее работы руководствовались положениями СТО АИСТ

11.1-2010 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей» [128].

Фактическую среднюю норму полива  $m_c$  после прохода автоматизированной установки полива шампиньонов определяли по подаваемому объему воды и считывали по формуле:

$$m_c = 10h_c, \quad (3.7)$$

где  $h_c$  – средний слой дождя после прохода установки, мм.

Для оценки равномерности распределения дождя по длине зоны полива и распределения его интенсивности на стеллаже устанавливали мерные емкости, расставляя их по ширине захвата полива с интервалом в по длине 0,15 м, а по ширине 0,1 м (см. рисунки 3.2 и 3.5). После прохода установки измеряли объем воды в мерных емкостях и время их заполнения. Продолжительность исследования фиксировали секундомером (ГОСТ 1197-70). Скорость и направление ветра не учитывали, поскольку исследования проводили в закрытом помещении.

Коэффициенты эффективности, недостаточности и избыточности полива автоматизированной установкой определяли по частотному графику распределения осадков на поливной зоне. Расчет частотного графика проводили, применяя величины коэффициента площади под каждой мерной емкостью. Эти величины устанавливали по их положению относительно продольного поступательного движения стойки [128]. Площадь под  $i$ -й мерной емкостью при установке емкостей в ряд вычисляли по формуле:

$$S_i = \pi(l_{i+1}^2 + l_i^2)B^{-1}, \quad (3.8)$$

где  $l_i, l_{i+1}$  – длина от центра стойки с дождевальной насадкой до центра интервала между мерными емкостями  $i + 1$  и  $i$ , м;

$B$  – ширина зоны полива, м.

Коэффициент  $K_i$  площади под  $i$ -й мерной емкостью – это отношение суммарной площади дна емкостей  $i$  ряда к площади первого ряда:

$$K_i = \frac{S_i}{S_1}. \quad (3.9)$$

Значения коэффициента площади  $K_i$  подчиняются арифметической прогрессии. Для мерных емкостей 1, 2, 3, 4, 5, ...,  $n$  принимают целые числа:  $K_i = 1, 3, 5, 7, \dots, K_n$ .

Равномерность распределения дождя по зоне полива оценивали с помощью частотного графика, для построения которого выполняли следующие действия.

1. Рассчитывали количество воды, собранной каждой мерной емкостью:

$$h = \frac{10V}{F}, \quad (3.10)$$

где  $h$  – слой осадков, мм;

$V$  – объем воды в мерной емкости, мл;

$F$  – площадь под мерной емкостью, см<sup>2</sup>.

2. Определяли наибольшее  $h_{\max}$  и наименьшее  $h_{\min}$  количество воды, собранной мерной емкостью, затем вычисляли величину интервала  $J$  по формуле:

$$J = \frac{h_{\max} - h_{\min}}{7}, \quad (3.11)$$

где 7 – установленное количество интервалов.

3. Используя зависимость (3.9), рассчитали коэффициент площади  $K_i$  под каждой мерной емкостью.

4. Результаты оформили в виде таблицы, отразив в ней номер интервала; измеренную величину слоя дождя, мм; среднюю величину слоя дождя, мм; число измерений объема воды; сумму коэффициентов площади  $\sum K_i$ ; суммарный объем воды по каждому интервалу.

5. Исходя из полученных данных распределения интенсивности дождя, формируемого дождевальными насадками, построили частотный график (рисунок 3.8). Определили площадь эффективного полива  $F_{\text{эф}}$ , которая укладывается в допустимые пределы на частотном графике ( $\pm 25\%$ ) и имеет отклонения  $0,75I_c$  и  $1,25I_c$ , которые указали среднюю интенсивность дождя. Справа – площадь избыточного

полива  $F_{из.п.}$ , слева – площадь недостаточного полива  $F_{н.п.}$ . Используя планиметрирование, установили численные значения площадей частотного графика. Равномерность распределения дождя определен из отношения полученных площадей к общей площади:  $F_{об} = F_{эф.п.} + F_{н.п.} + F_{из.п.}$  [119].

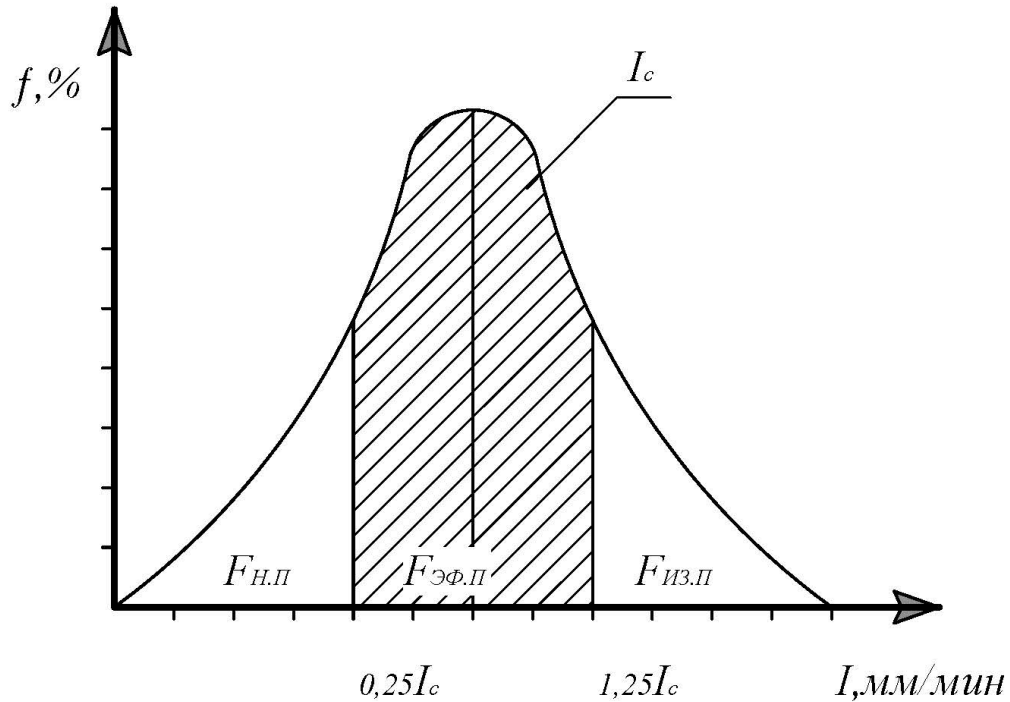


Рисунок 3.8 – Динамика нормы полива после прохода установки полива

Давление воды на входе в установку полива шампиньонов измеряли манометром (ГОСТ 2405-88).

Расчетную поливную норму  $m_p$  для установки вычисляли по формуле [58]:

$$m_p = nh_{д.1пр}, \quad (3.12)$$

где  $n$  – число проходов установки вдоль стеллажа;

$h_{д.1пр}$  – слой дождя, образованный за один проход, мм:

$$h_{д.1пр} = \frac{60q_m}{B_m V_m}, \quad (3.13)$$

где  $q_m$  – расход воды установкой, л/с;

$V_m$  – средняя скорость движения установки полива шампиньонов, м/мин.

После прохода установки по стеллажу с помощью мензурки и мерных

емкостей определяли фактическую поливную норму.

Среднюю интенсивность дождя  $I_c$ , мм/мин, приравнивали к скорости впитывания  $V_{вп}$ , так как скорость впитывания, ограничивает интенсивность дождя, которую необходимо обеспечить:

$$I_c = V_{вп} = \frac{60q_m}{BL}, \quad (3.14)$$

где  $L$  – длина рабочей зоны, м;

$B$  – ширина рабочей зоны, м.

Влажность субстрата и покровного материала определяли термостатно-весовым методом [39, 128]. Пробы из субстрата и покровного материала (торф) отбирали цилиндром в слое 0–15 см до и после полива. Повторность опыта – трехкратная. Влажность  $W$ , %:

$$W = \frac{a-b}{a} \cdot 100, \quad (3.15)$$

где  $a$  – масса навески до сушки, г;

$b$  – масса навески после сушки, г.

Веерные дождевальные насадки, смонтированные на автоматизированной установке полива шампиньонов, испытывали в грибнице УНПК «Агроцентр», где для выращивания шампиньонов используют субстрат, состоящий из пшеничной соломы (15,3 %); помета кур-бройлеров (подстилочный, на опилках или соломе, влажностью 35–38 %, содержание общего азота не менее 2,5–3,0 %) – 15,3 %; гипса – 0,9 %; воды – 68 %; зернового мицелия – 0,2 %.

Приготовленный субстрат упакован в полиэтиленовые мешки 600×400×150 мм. При подготовке грибницы их закладывают в специальные стеллажи, с помощью системы автоматического контроля климата задают оптимальные климатические условия и субстрат укрывают покровным материалом (торф).

На рисунке 3.11 показаны стеллажи с субстратом для выращивания шампиньонов.



Рисунок 3.11 – Стеллажи с субстратом для выращивания шампиньонов

Биологический урожай определяли на площади  $240 \text{ м}^2$ . Установку полива шампиньонов устанавливали на грибной комплекс, состоящий из трех ярусов стеллажей общей высотой  $1,5 \text{ м}$ . Ширина стеллажа  $1 \text{ м}$ , его длина  $18 \text{ м}$ .

Для исследования эксплуатационных параметров работы установки полива определяли ее производительность  $\Pi_{\text{ч}}$  за  $1 \text{ ч}$  работы,  $\text{м}^3/\text{с}$  [31, 55, 128]:

$$\Pi_{\text{ч}} = \frac{Q_{\text{м}} K_{\text{и}}}{t}, \quad (3.16)$$

где  $Q_{\text{м}}$  – расход воды автоматизированной установкой, л/с;

$K_{\text{и}}$  – коэффициент использования времени автоматизированной установкой;

$t$  – поливная норма,  $\text{м}^3/\text{м}^2$ .

Экономическую оценку применения установки полива с веерной дождеваль-ной насадкой осуществляли согласно [25, 28, 121].

### 3.5 Математическая обработка экспериментальных данных и их статистическая оценка

Для выполнения поставленных задач в соответствии с проведенными теоретическими исследованиями программа экспериментальных исследований включала в себя серию двухфакторных экспериментов. Двухфакторный эксперимент обеспечивал оценку влияния конструктивных параметров дождевальной насадки: напор и интенсивность дождя, формируемого дождевальной насадкой, ширина сопла

насадки.

Веерная дождевальная насадка с соплом переменной формы была смонтирована на поливной установке. При проведении экспериментальных исследований она работала при разном давлении воды (фактор А), выходящей из сопла насадки, который изменяли по трем значениям с помощью насоса. Ширину сопла изменяли по 17 значениям (фактор В). Критерием оптимизации в двухфакторном эксперименте являлась интенсивность дождя (мм/мин), создаваемого веерной дождевальной насадкой с соплом переменной формы.

Среднюю величину распределения результатов измерений  $X$  определяли по формуле:

$$X = \frac{\sum X_i}{n}, \quad (3.17)$$

где  $X_i$  – отдельное измерение;

$n$  – число измерений.

Дисперсию  $D$  распределения результатов измерений рассчитывали делением суммы квадратов отклонений отдельного измерения от средней величины на общее число измерений минус единица:

$$D = \frac{\sum (X_i - X)^2}{n - 1}. \quad (3.18)$$

Среднеквадратичное отклонение  $\sigma$ :

$$\sigma = D^{0,5}. \quad (3.19)$$

Коэффициент вариации  $K_v$  (%):

$$K_v = \frac{100\sigma}{X}. \quad (3.20)$$

Точность опыта  $P$  оценивали по формуле:

$$P = \frac{100\sigma}{Xn^{0,5}}. \quad (3.21)$$

Корреляционную связь между различными параметрами работы установки

полива шампиньонов определяли путем проведения  $n$  парных наблюдений и вычислением коэффициента парной корреляции.

Коэффициенты регрессии математических уравнений рассчитывали методом наименьших квадратов:

$$(Y_i - Y_p)^2 = \min, \quad (3.22)$$

где  $Y_i$  – фактическое значение зависимого показателя;

$Y_p$  – расчетное значение, найденное из уравнения регрессии.

Коэффициент линейного уравнения  $B_{xy}$  вычисляли, используя зависимость:

$$B_{xy} = Y_i - B_{xy}(X_i - \sigma), \quad (3.23)$$

где  $X, Y$  – средние арифметические для ряда замеров  $X_i, Y_i$ .

Тогда:

$$B_{xy} = \frac{\sum (X_i - X)(Y_i - Y)}{\sum (X_i - X)^2}. \quad (3.24)$$

Дальность полета капель дождя, формируемого веерными дождевальными насадками, которой соответствует максимальная величина слоя осадков, рассчитывали по формуле (2.27).

Относительную ошибку  $e$  при определении расчетных и фактических величин вычисляли по формуле [39]:

$$e = 1 / N \sum_{i=1}^N \left| \frac{Y_{\phi_i} - Y_{p_i}}{Y_{p_i}} \right| \cdot 100 \%, \quad (3.25)$$

где  $N$  – количество замеров;

$Y_{\phi}$  – фактическая величина измерения;

$Y_p$  – расчетная величина.

Остаточная дисперсия  $D_{\text{ост}}^2$ :

$$D_{\text{ост}}^2 = \sum (Y_{\phi_i} - Y_{p_i})^2 / (N - V - 1), \quad (3.26)$$

где  $V$  – количество факторов.

По критерию Фишера проводили оценку достоверности уравнения регрессии



[39, 56]:

$$F = \frac{D^2}{D_{\text{ост}}^2}, \quad (3.27)$$

где  $D^2$  – общая дисперсия:

$$D^2 = \sum (Y_i - Y)^2 / (N - 1). \quad (3.28)$$

Результаты проведенного эксперимента были обработаны с помощью специализированных программных продуктов Microsoft Excel и Statistica.

Данные лабораторных и экспериментальных исследований были представлены в виде графических зависимостей с применением программных продуктов Microsoft Excel и Statistica и обработаны с помощью встроенного математического аппарата [39, 57, 74].

### 3.6 Выводы по главе

1. На основании проведенных теоретических исследований был разработан и изготовлен опытный образец веерной дождевальнoй насадки с переменной формой сопла.

2. Разработаны программа и методика экспериментальных исследований поливной установки, оснащенной веерными дождевальными насадками с переменной формой сопла, работающей в культивационной камере для выращивания шампиньонов.

3. Разработана и предложена лабораторная установка для исследования равномерности полива.

## 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ УСТАНОВКИ ПОЛИВА ОБОРУДОВАННОЙ ВЕЕРНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ НАСАДКОЙ

### 4.1 Исследования агротехнических показателей покровного материала и субстрата для выращивания шампиньонов

Для определения влияния поливной нормы на изменение влажности субстрата был подготовлен субстрат в объеме 1 м<sup>3</sup>. Внесение поливной нормы осуществляли лабораторной дождевальная установкой равномерно по всей площади исследуемого субстрата. Полученные результаты представлены на рисунке 4.1.

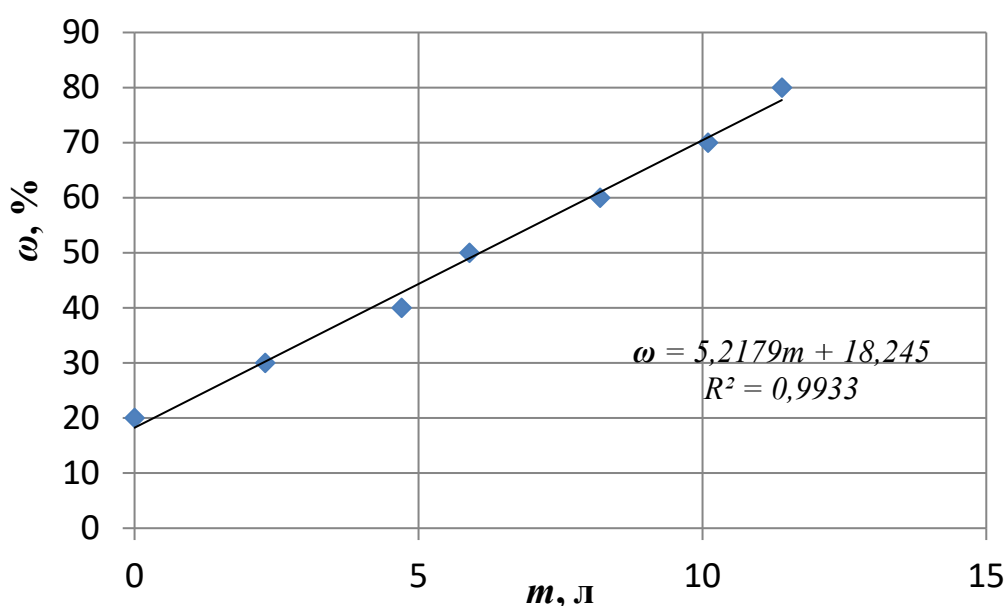


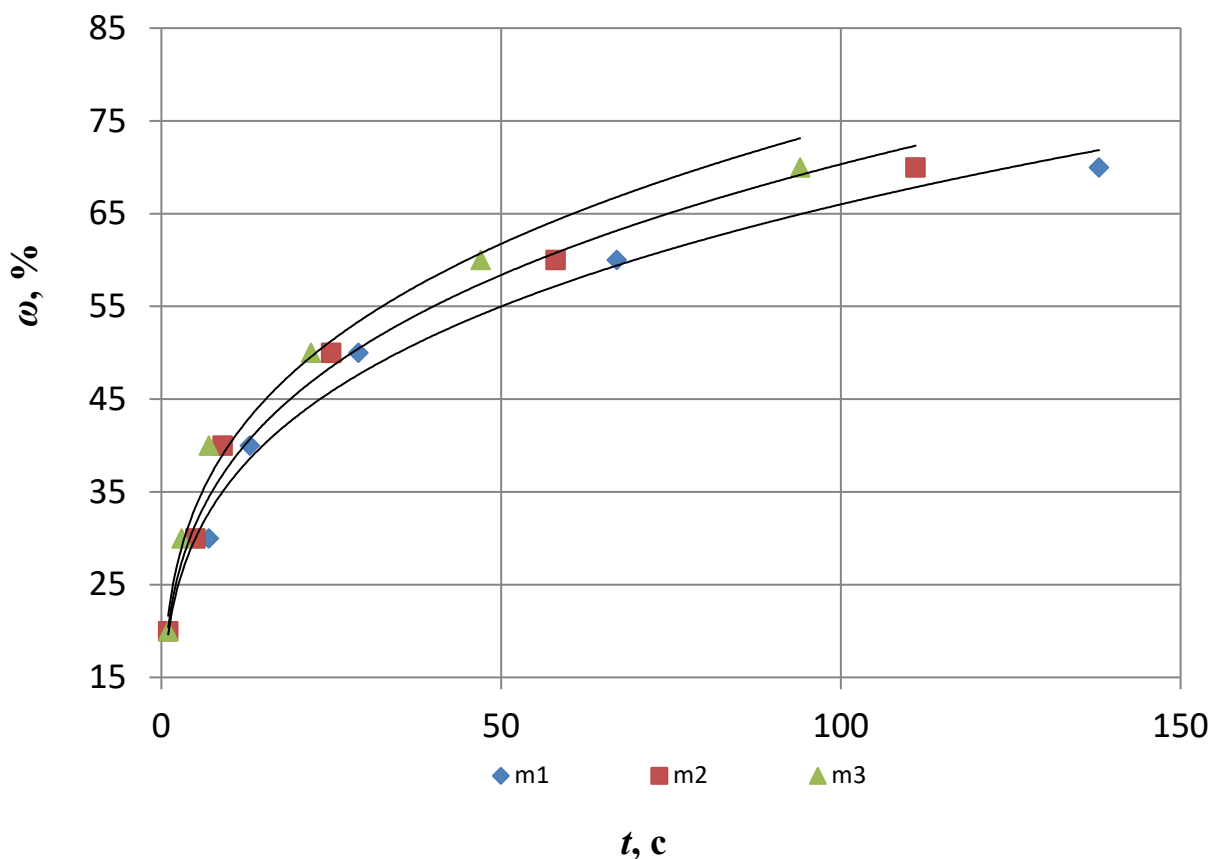
Рисунок 4.1 – График влияния поливной нормы  $m$  на изменение влажности покровного слоя и субстрата  $\omega$

Установлено, что для увеличения влажности субстрата с 20 до 40 % требуется довести внесение поливной нормы до 4 л/м<sup>2</sup>. Дальнейшие увеличения поливной нормы сопровождались повышением влажности до наступления граничного значения 80 %, при котором происходило перенасыщение субстрата и прекращалось впитывание влаги.

Для изучения изменения влажности субстрата во времени внесения нормы полива был выбран участок площадью 1 м<sup>2</sup> и толщиной субстрата 0,15 м.

Исследования проводили в трех режимах с поливными нормами 1 л/м<sup>2</sup>, 1,5 и 2

л/м<sup>2</sup>. Результаты приведены на рисунке 4.2.



Норма полива	Уравнение регрессии	
m = 1 л/м <sup>2</sup> (m1)	$\omega = 19,624t^{0,234}$	R <sup>2</sup> = 0,9892
m = 1,5 л/м <sup>2</sup> (m2)	$\omega = 20,42t^{0,2685}$	R <sup>2</sup> = 0,9895
m = 2 л/м <sup>2</sup> (m3)	$\omega = 21,638t^{0,268}$	R <sup>2</sup> = 0,988

Рисунок 4.2 – График изменения влажности субстрата  $\omega$  относительно времени полива  $t$

Определено, что полное впитывание влаги в субстрате происходит при разных нормах полива в наибольшей степени в первые часы. Также установлено, что при норме полива 1 л/м<sup>2</sup> увеличение влажности с 20 до 58 % идет более интенсивно в первые 65 с, при дальнейшем насыщении субстрата рост влажности сокращается и она достигает своего максимального значения 70 % примерно через 140 с.

Аналогичная картина наблюдается при нормах полива 1,5 и 2 л/м<sup>2</sup>, граничные значения достигаются через 110 и 90 с соответственно.

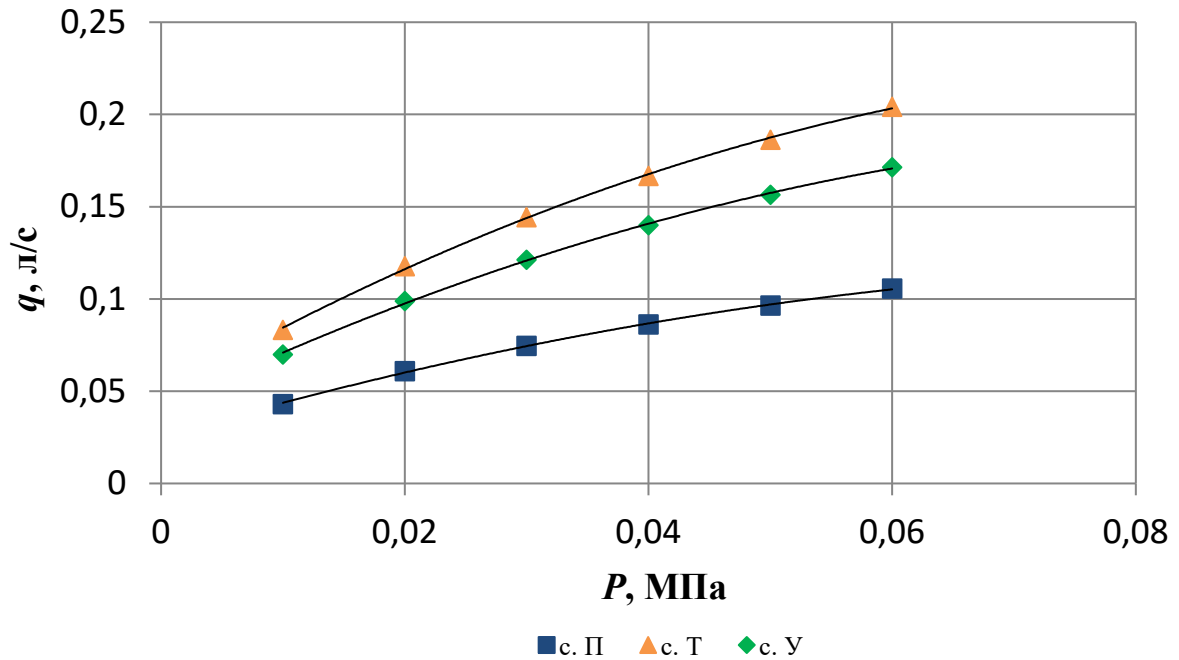
#### 4.2 Расход воды веерной дождевальной насадкой

Результаты исследований показали, что при разных геометрических формах

сопла насадки и при увеличении давления с 0,02 до 0,04 МПа расход воды изменяется.

Среднее значение коэффициента расхода воды веерной насадкой составляет 0,94–0,97. Расход воды был рассчитан по формуле (2.12).

Влияние изменения давления на расход воды веерной дождевальной насадкой отражено на рисунке 4.4.



Форма сопла веерной дождевальной насадки	Уравнение регрессии	$R^2$
Прямоугольная (с. П)	$q = -10,252P^2 + 1,9476P + 0,0252$	0,9997
Трапецевидная (с. Т)	$q = -19,812P^2 + 3,7638P + 0,0488$	0,9996
С переменным сечением (с. У)	$q = -16,638P^2 + 3,1609P + 0,04$	0,9998

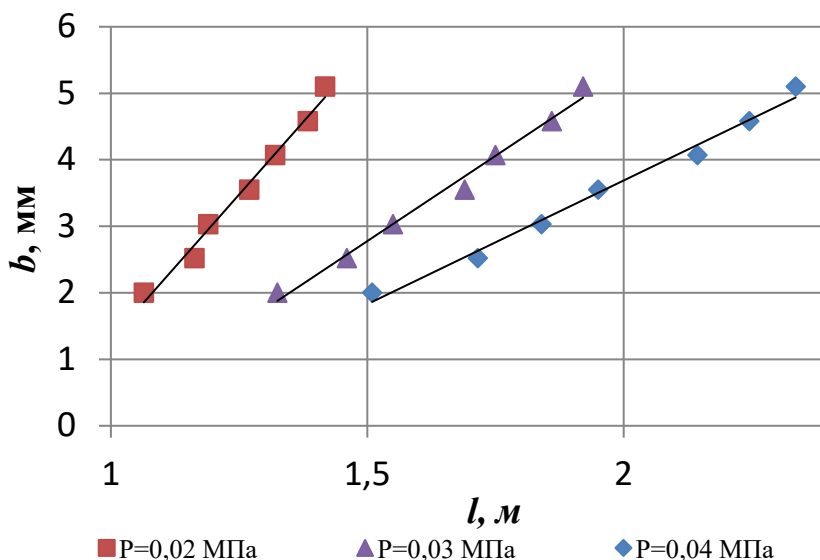
Рисунок 4.4 – Влияние изменения давления воды на расход веерной дождевальной насадки с различными формами сопла

Коэффициент расхода дождевальных аппаратов – 0,94–0,97 [124].

В результате исследований расхода воды дождевальными насадками с тремя вариантами геометрии и площади сечения сопла выяснили, что при давлении в напорном трубопроводе 0,02 МПа при использовании насадки с соплом прямоугольной формы расход воды составляет 0,04 л/с, с соплом трапецевидной формы – 0,08 л/с, с соплом переменной формы – 0,07 л/с. При увеличении давления до 0,04 МПа этот показатель возрастает соответственно до 0,08 л/с, 0,17 и 0,14 л/с.

### 4.3 Дальность полета капель при поливе веерными дождевальными насадками

Лабораторные исследования веерных дождевальных насадок показали, что дальность полета струи зависит от геометрических размеров сопла, в нашем случае – от ширины сечения сопла, давления перед насадкой, высоты ее расположения над поверхностью субстрата (рисунок 4.5).



Давление перед насадкой

$P = 0,02$  МПа

$P = 0,03$  МПа

$P = 0,04$  МПа

Уравнение регрессии

$b = 8,7296l - 7,4354$

$b = 5,1275l - 4,9142$

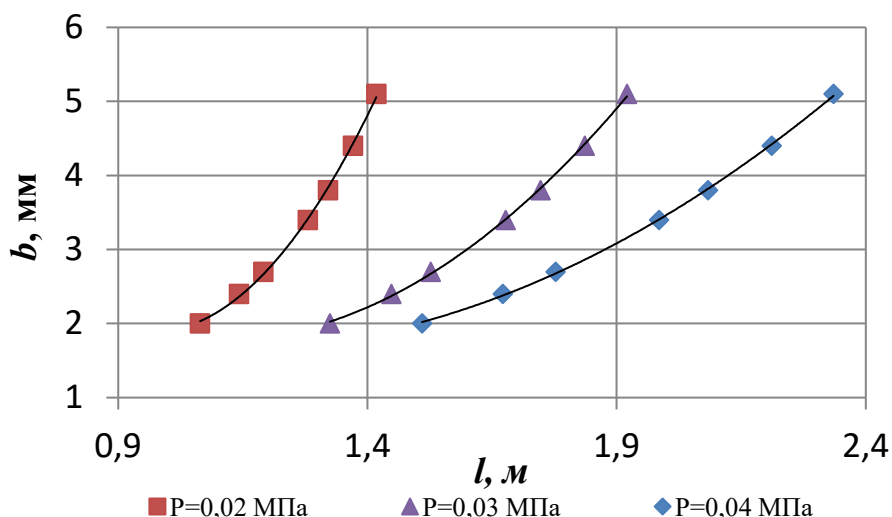
$b = 3,7207l - 3,7529$

$R^2 = 0,9859$

$R^2 = 0,9884$

$R^2 = 0,9882$

а



Давление перед насадкой

$P = 0,02$  МПа

$P = 0,03$  МПа

$P = 0,04$  МПа

Уравнение регрессии

$b = 15,743l^2 - 30,517l + 16,679$

$b = 4,851l^2 - 10,539l + 7,607$

$b = 2,249l^2 - 4,847l + 4,363$

$R^2 = 0,9989$

$R^2 = 0,9994$

$R^2 = 0,9996$

б

Рисунок 4.5 – Дальность полета струи  $l$  в зависимости от формы и изменения ширины сопла  $\Delta b$  веерной дождевальной насадки:  $a$  – трапециевидная форма;  $b$  – переменная форма сопла

Экспериментально определено, что для насадки с соплом прямоугольной формы максимальная дальность полета капли дождя составляет 0,92 м при давлении 0,02 МПа. Для насадки с соплом трапециевидной формы при этом же давлении максимальная дальность полета струи возрастает с 0,92 до 1,32 м с увеличением ширины сопла. У насадки с соплом переменного сечения граничные значения максимальной дальности полета струи аналогичны с предыдущей насадкой, но изменение дальности полета струи имеет плавный характер. Таким образом, предлагаемая насадка обеспечивает перекрытие зоны полива при давлении 0,02 МПа.

Веерные дождевальные насадки следует устанавливать на высоте 0,4 м от поверхности зоны полива. Это связано с технологическими ограничениями, поскольку высота технологической зоны от поверхности покровного слоя над субстратом до перекрытия следующего яруса стеллажа составляет 0,4 м.

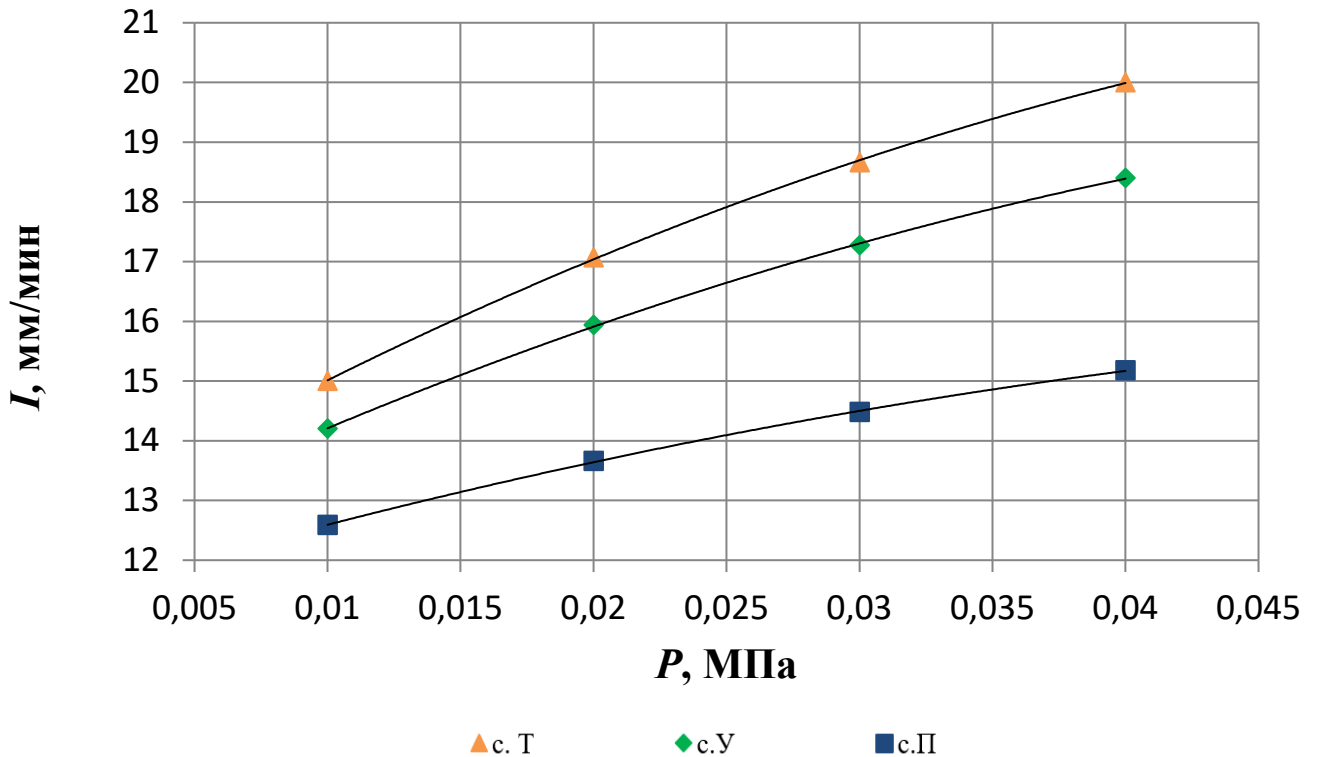
#### **4.4 Средняя интенсивность дождя при поливе веерной дождевальной насадкой**

Средняя интенсивность дождя оказывает значительное воздействие на почву и норму полива до стока. Этот показатель определяли по формуле (3.3).

Веер распыла дождя веерной дождевальной насадкой перекрывает заданную технологическую зону полива, длина которой 1 м. Дальность полета струи при этом также технически ограничена длиной зоны полива.

Интенсивность дождя, формируемого веерными дождевальными насадками, в зависимости от изменения давления перед ними, представлена на рисунке 4.6.

В результате исследований выяснили, что с повышением давления с 0,01 до 0,04 МПа средняя интенсивность дождя возрастает у дождевальной насадки с соплом прямоугольной формы с 12,6 до 15,2 мм/мин; у дождевальной насадки с соплом трапециевидной формы – с 15,0 до 20,3 мм/мин, а у дождевальной насадки с соплом переменной формы – с 14,2 до 18,4 мм/мин.

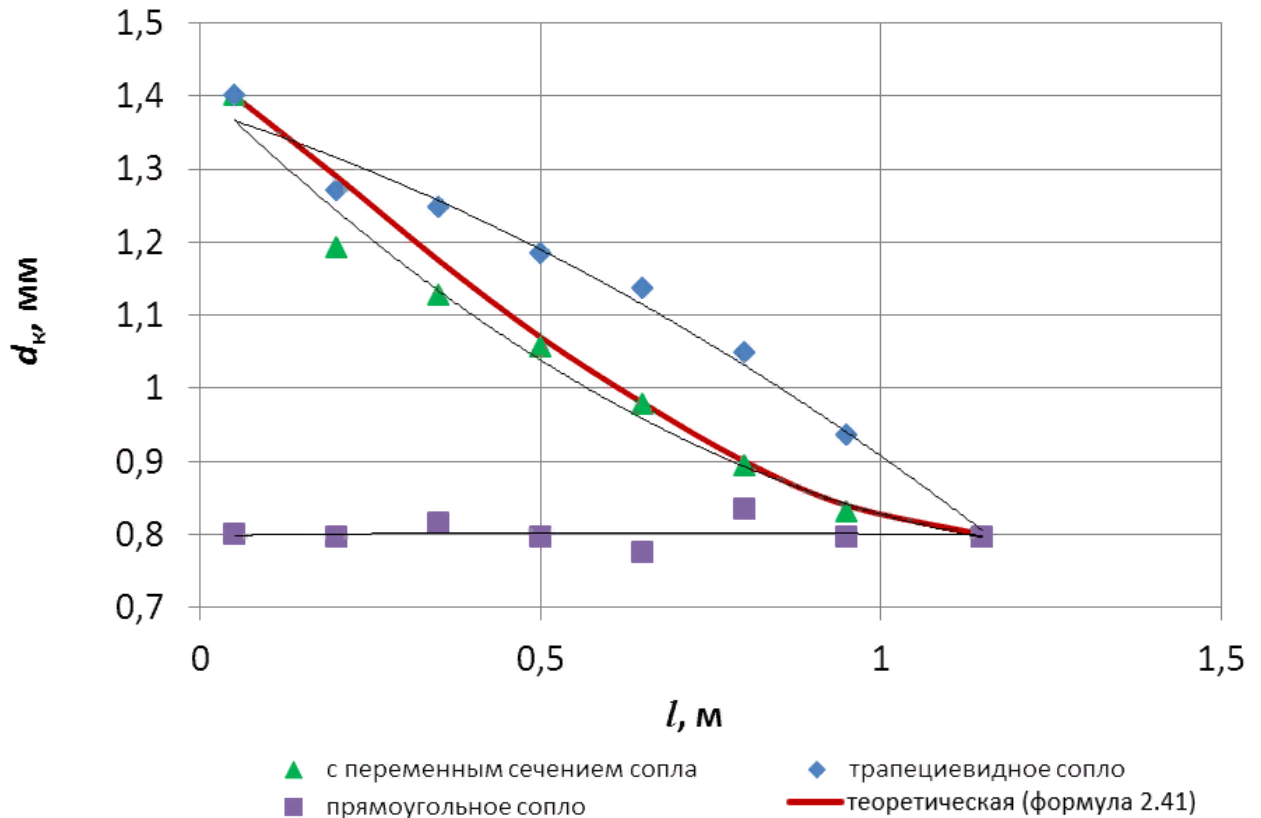


Форма сопла веерной дождевальной насадки	Уравнение регрессии	$R^2$
Прямоугольная (с. П)	$I = -615,09P^2 + 116,85P + 1,5148$	0,9993
Трапецевидная (с. Т)	$I = -1188,7P^2 + 225,83P + 2,9275$	0,9838
С переменным сечением (с. У)	$I = -998,3P^2 + 189,66P + 2,4586$	0,9875

Рисунок 4.6 – Влияние давления на среднюю интенсивность дождя при испытании трех типов дождевальных насадок

#### 4.5 Размеры капель дождя, создаваемые веерными дождевальными насадками

Диаметр капель дождя, попадающих на плодовые тела шампиньонов, влияет на качественные показатели продукции, поэтому исследовали соответствие диаметров капель требуемым характеристикам дождя, а также оценили, насколько результаты экспериментальных исследований согласуются с результатами теоретических расчетов. Результаты исследований представлены на рисунках 4.7– 4.10.

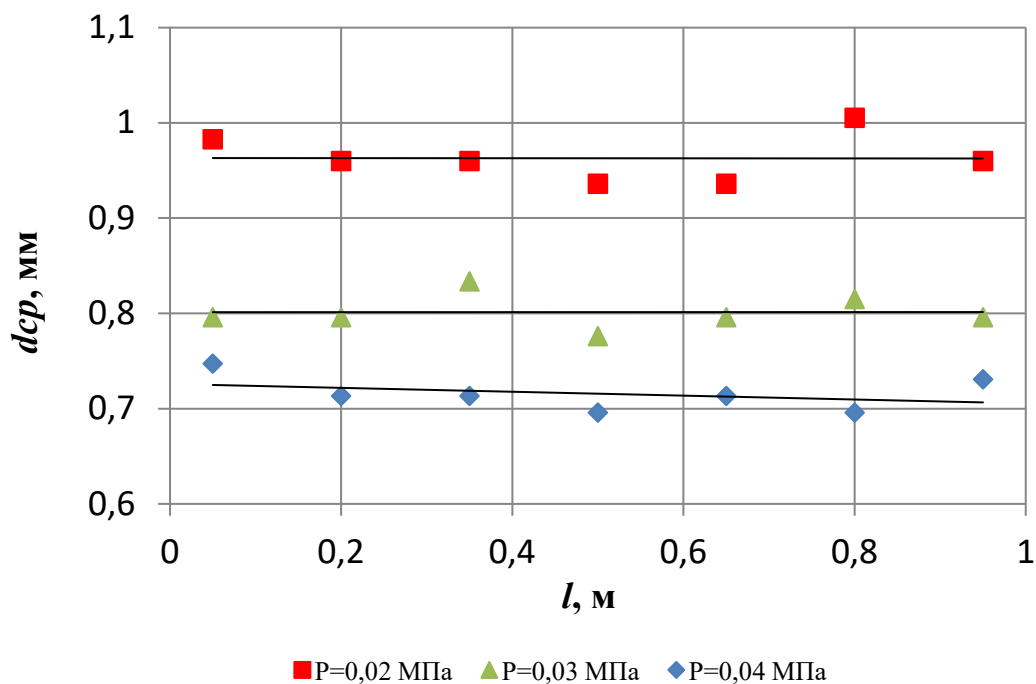


Форма сопла веерной дождевальной насадки	Уравнение регрессии	
Прямоугольная	$d_k = 0,0004l + 0,801$	$R^2 = 0,8965$
Трапецевидная	$d_k = -0,6606l^2 + 0,1571l + 1,4172$	$R^2 = 0,9951$
С переменным сечением	$d_k = 0,1106l^2 - 0,6676l + 1,4799$	$R^2 = 0,9946$

Рисунок 4.7 – Изменение диаметров капель дождя при поливе веерными дождевальными насадками в зависимости от формы сопла и дальности зоны полива

Диаметр капель дождя, создаваемого веерными дождевальными насадками с трапецевидной и переменной формами сопла, уменьшается относительно дальности зоны полива  $l$  с увеличением ширины сопла  $b$  и давление перед насадкой  $P$ . В то же время у насадки с прямоугольной формой сопла диаметр капель относительно дальности зоны полива  $l$  остается постоянным.





Давление перед насадкой

$P = 0,02$  МПа

$P = 0,03$  МПа

$P = 0,04$  МПа

Уравнение регрессии

$$d_{cp} = -0,0005l + 0,9631$$

$$d_{cp} = 0,0001l + 0,8013$$

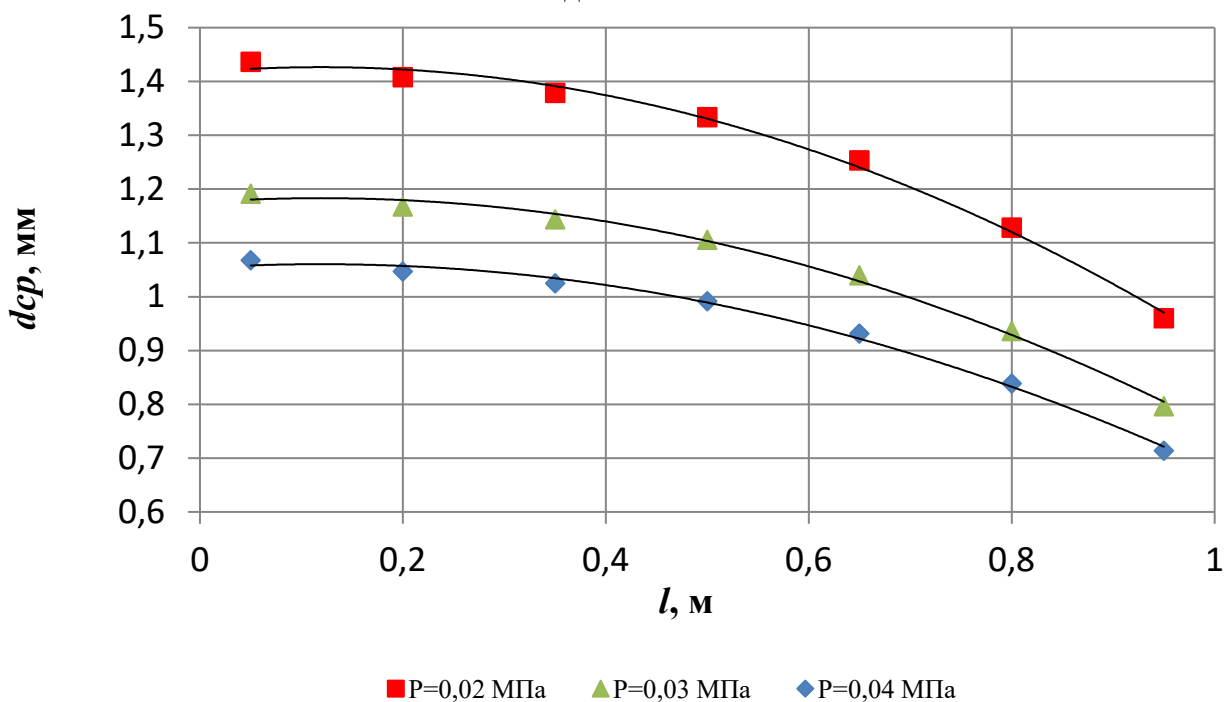
$$d_{cp} = -0,0204l + 0,7259$$

$R^2 = 0,8965$

$R^2 = 0,8697$

$R^2 = 0,8969$

Рисунок 4.8 – Зависимость изменения диаметров капель дождя при поливе веерной дождевальной насадкой с прямоугольной формой сопла относительно дальности зоны полива



Давление перед насадкой

$P = 0,02$  МПа

$P = 0,03$  МПа

$P = 0,04$  МПа

Уравнение регрессии

$$d_{cp} = -0,6606l^2 + 0,1571l + 1,4172$$

$$d_{cp} = -0,491l^2 + 0,1168l + 1,0535$$

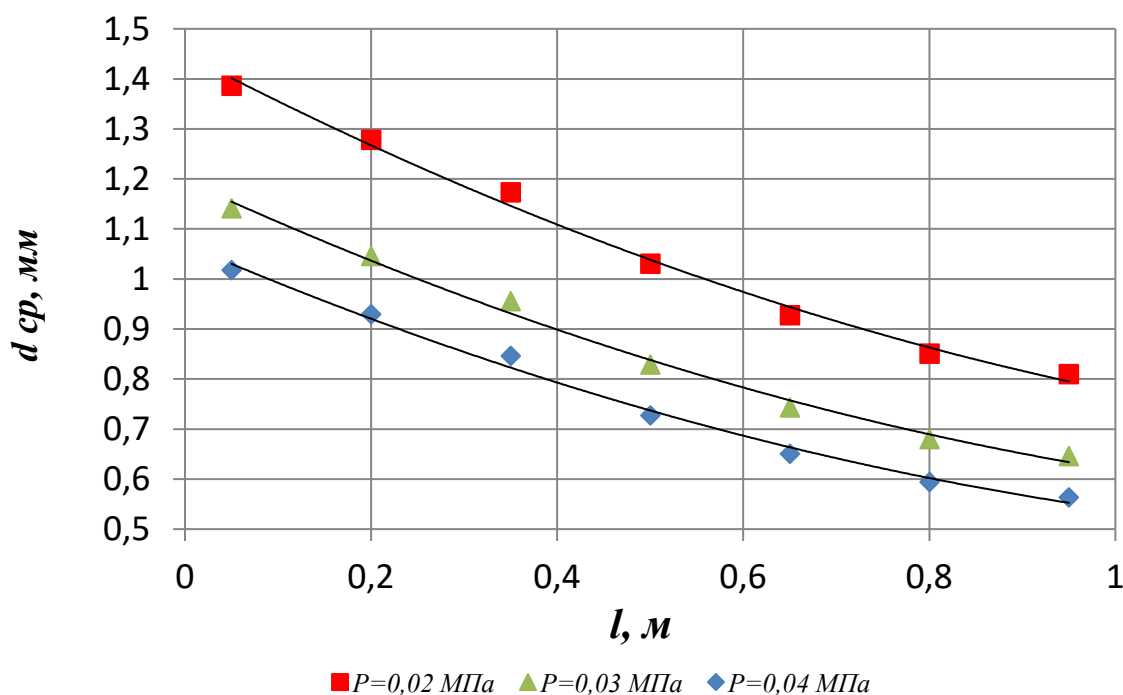
$$d_{cp} = -0,5478l^2 + 0,1303l + 1,1753$$

$R^2 = 0,9951$

$R^2 = 0,9951$

$R^2 = 0,9951$

Рисунок 4.9 – Зависимость изменения диаметров капель дождя при поливе веерной дождевальной насадкой с трапецевидной формой сопла относительно дальности зоны полива



Давление перед насадкой	Уравнение регрессии	$R^2$
$P = 0,02$ МПа	$d_{ср} = 0,1106l^2 - 0,6676l + 1,4799$	$R^2 = 0,9946$
$P = 0,03$ МПа	$d_{ср} = 0,0917l^2 - 0,5537l + 1,2273$	$R^2 = 0,9946$
$P = 0,04$ МПа	$d_{ср} = 0,0822l^2 - 0,4962l + 1,1$	$R^2 = 0,9946$

Рисунок 4.10 – Зависимость изменения диаметров капель дождя при поливе веерной дождевальной насадкой с переменной формой сопла относительно дальности зоны полива

Обработка опытных данных позволила установить, что при использовании насадки с прямоугольным соплом наблюдается незначительная разница в диаметрах капель относительно длины зоны полива (см. рисунок 4.8) и находится в пределах 0,93 и 1,1 мм при давлении 0,02 МПа. В то же время у насадок с трапецевидным соплом и с переменным сечением сопла, диаметры капель дождя находятся в пределах от 0,8 до 1,4 мм, что соответствует заявленным агротехническим требованиям полива шампиньонов. (см. рисунки 4.9 и 4.10).

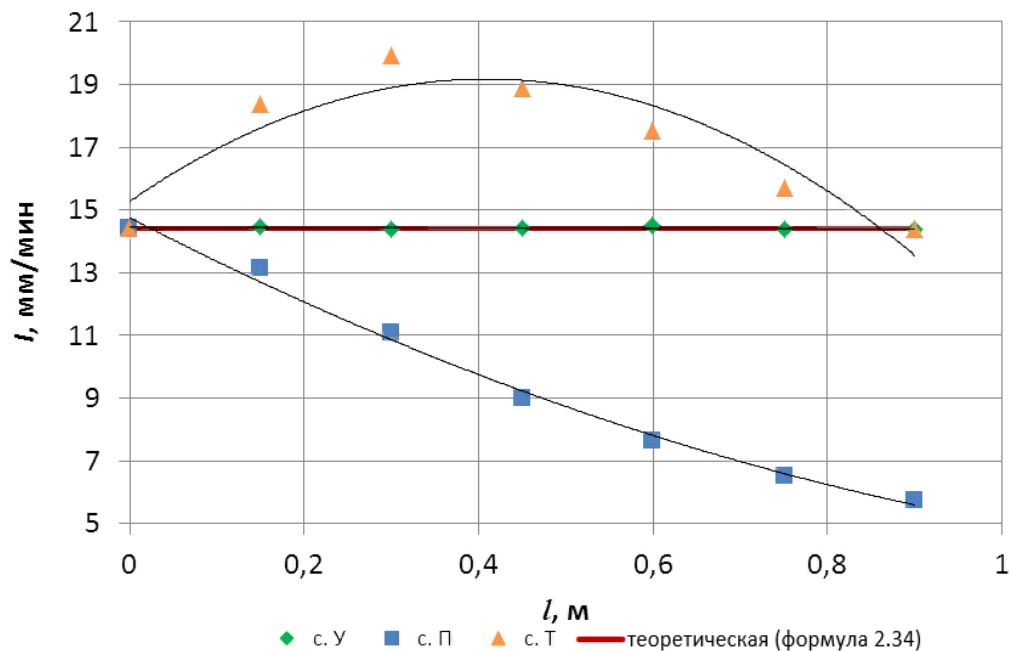
#### 4.6 Равномерность полива поливной установкой, оборудованной веерной дождевальной насадкой с переменной формой сопла

Агротехнические требования лимитируют три характеристики

искусственного дождя: равномерность распределения его по орошаемому участку, среднюю и допустимую интенсивность и средний диаметр капель. Анализ показывает, что данные характеристики далеко не полностью отражают качество полива.

При поливе разработанной установкой полива для повышения урожайности шампиньонов необходимо, чтобы коэффициент эффективности полива был как можно большим и стремился к 100%-му значению. Для этого при поливе вода должна быть как можно более равномерно распределена по орошаемой площади.

Результаты лабораторных исследований равномерности распределения дождя веерными дождевальными насадками по длине орошаемого участка представлены на рисунках 4.11–4.13.



Форма сопла веерной дождевальной насадки

Прямоугольная (с. П)

Трапецевидная (с. Т)

С переменным сечением (с. У)

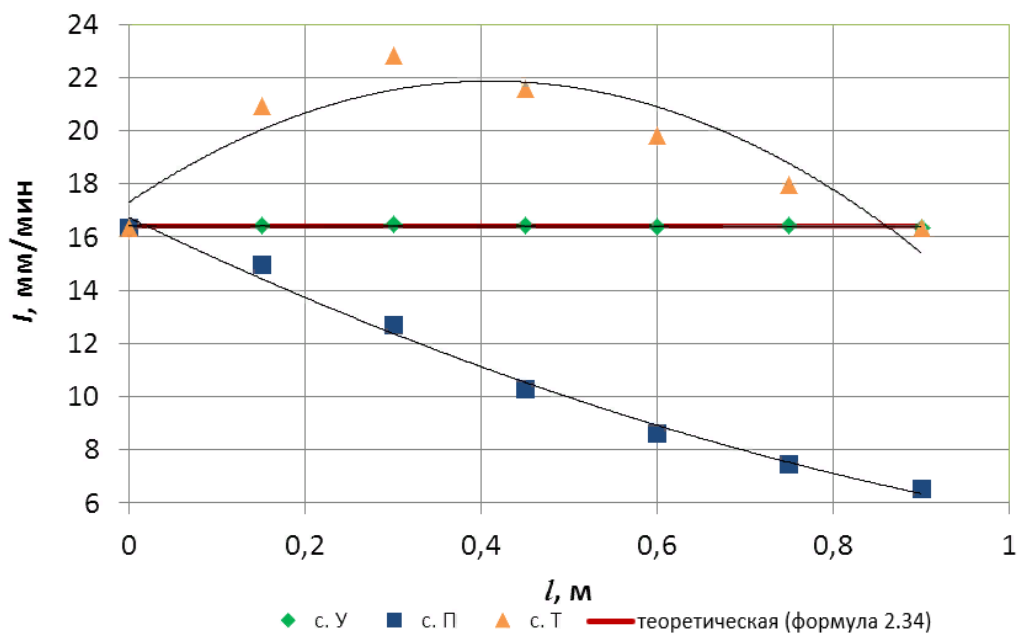
Уравнение регрессии

$$I = 2,7568l^2 - 9,4891l + 10,271 \quad R^2 = 0,9932$$

$$I = -16,878l^2 + 14,068l + 10,653 \quad R^2 = 0,8722$$

$$I = 0,0714l + 10,182 \quad R^2 = 0,9169$$

Рисунок 4.11 – Изменение интенсивности дождя при поливе веерными дождевальными насадками при давлении воды 0,02 МПа



Форма сопла веерной дождевальной  
насадки

Уравнение регрессии

Прямоугольная (с. П)

$$I = 4,4162l^2 - 13,999l + 14,634 \quad R^2 = 0,9878$$

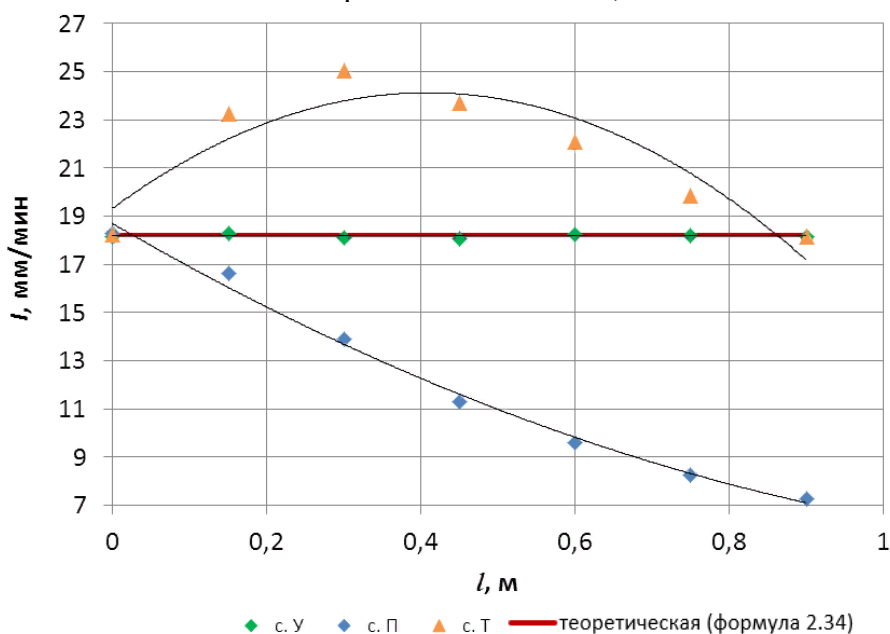
Трапецевидная (с. Т)

$$I = -22,74l^2 + 18,598l + 15,325 \quad R^2 = 0,8347$$

С переменным сечением (с. У)

$$I = 0,1007l + 14,357 \quad R^2 = 0,9256$$

Рисунок 4.12 – Изменение интенсивности дождя при поливе веерными дождевальными насадками при давлении воды 0,03 МПа



Форма сопла веерной дождевальной  
насадки

Уравнение регрессии

Прямоугольная (с. П)

$$I = 5,2983l^2 - 17,035l + 17,921 \quad R^2 = 0,9924$$

Трапецевидная (с. Т)

$$I = -28,406l^2 + 23,41l + 18,658 \quad R^2 = 0,8482$$

С переменным сечением (с. У)

$$I = 0,1236l + 17,615 \quad R^2 = 0,9063$$

Рисунок 4.13 – Изменение интенсивности дождя при поливе веерными дождевальными насадками при давлении воды 0,04 МПа

Геометрическая форма дождевальной насадки с соплом переменной формы обеспечивает достаточную равномерность как вблизи установки насадки ( $I = 14,36$  мм/мин при 0,02 МПа,  $I = 16,49$  мм/мин при 0,03 МПа,  $I = 18,29$  мм/мин при 0,04 МПа), так и на протяжении всей зоны полива. Резких увеличений и снижений интенсивности не происходит, она стабильно держится в пределах от 14,36 до 14,47 мм/мин при давлении 0,02 МПа, от 16,33 до 16,49 мм/мин при давлении 0,03 МПа и от 18,1 до 18,29 мм/мин при давлении 0,04 МПа на расстоянии до 1 м, что соответствует цели научной работы. Подобная равномерность интенсивности дождя не наблюдается у веерных насадок с соплом прямоугольной и трапецевидной формы.

На рисунках 4.14–4.16 можно заметить, что при поливе веерной дождевальной насадкой с соплом прямоугольной формы интенсивность дождя снижается по мере удаления от места установки. При использовании сопла трапецевидной формы наблюдается сильное повышение интенсивности дождя на расстоянии 0,3 м с ее дальнейшим плавным уменьшением. Веерная дождевальная насадка с соплом переменной формы обеспечивает относительно равномерную интенсивность дождя по всей длине зоны полива с ее незначительным увеличением в середине зоны полива.

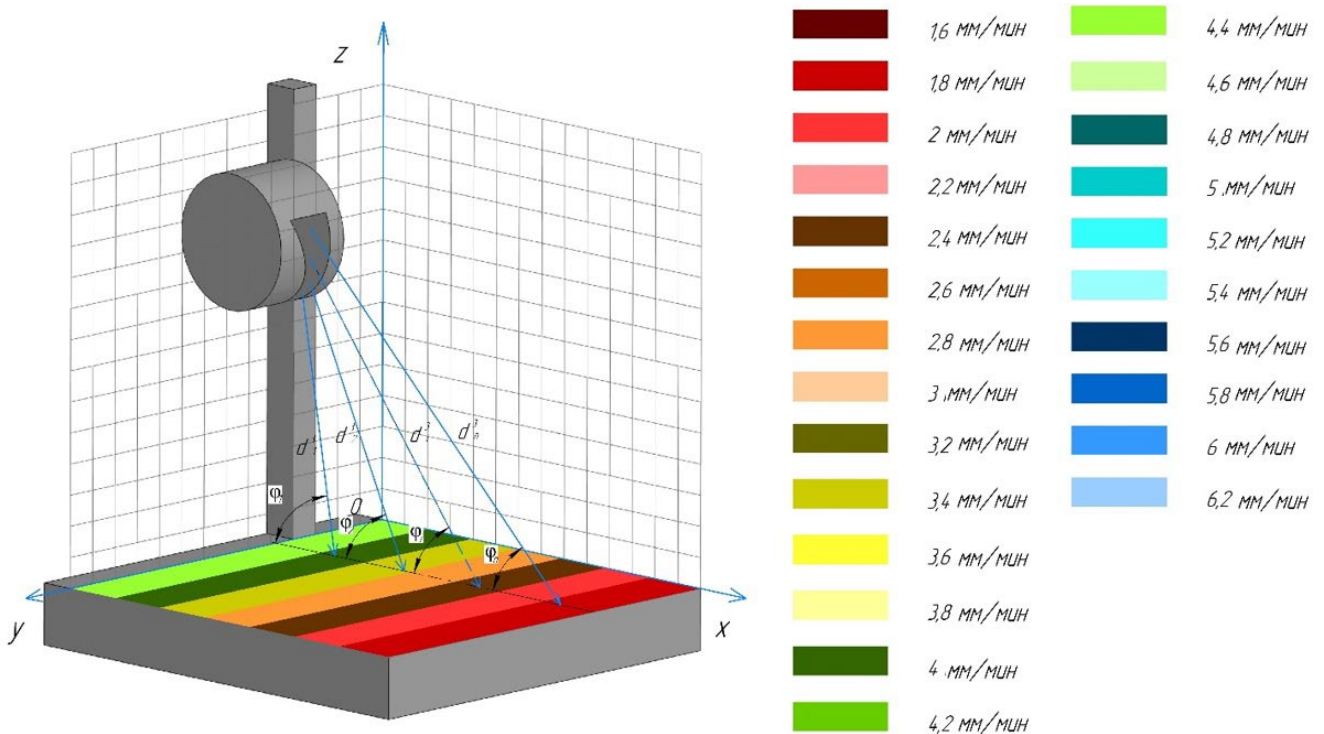


Рисунок 4.14 – Распределение средней интенсивности дождя по площади орошения при поливе струйной веерной дождевальной насадкой с соплом прямоугольной формы

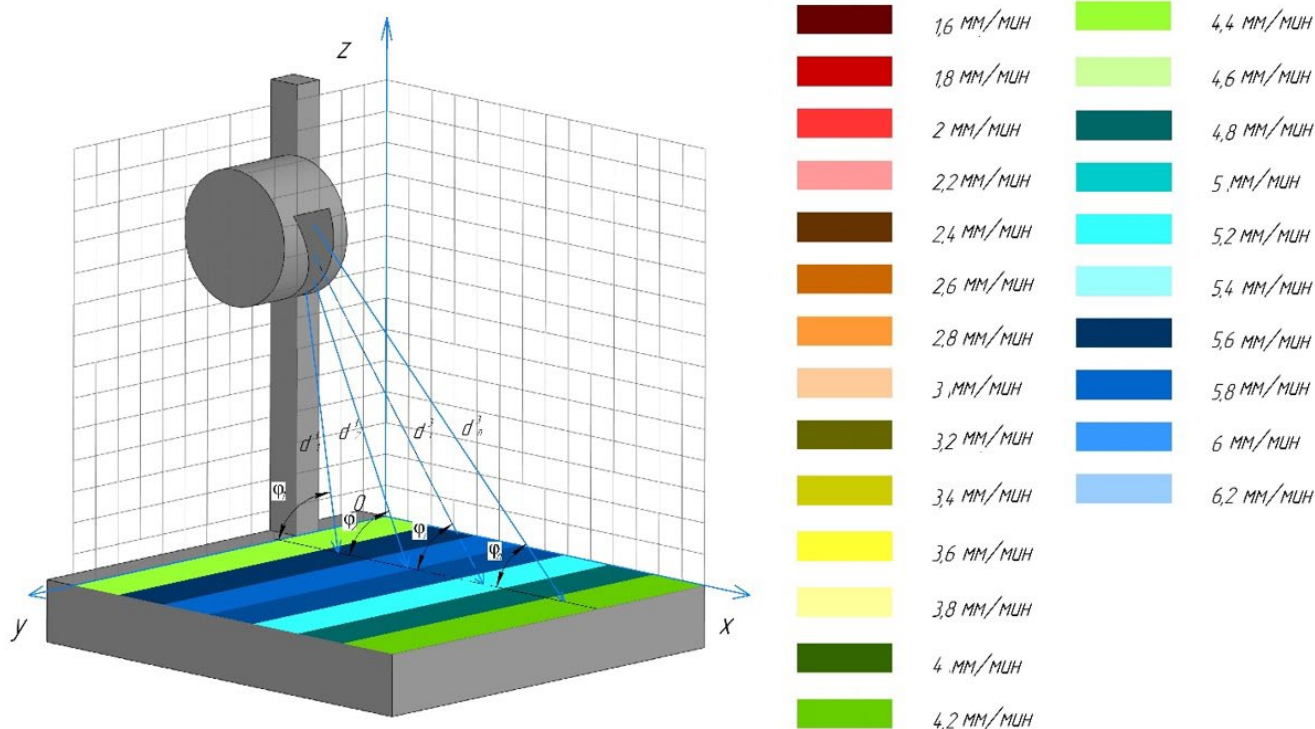


Рисунок 4.15 – Распределение средней интенсивности дождя по площади орошения при поливе струйной веерной дождевальной насадкой с соплом трапецевидной формы

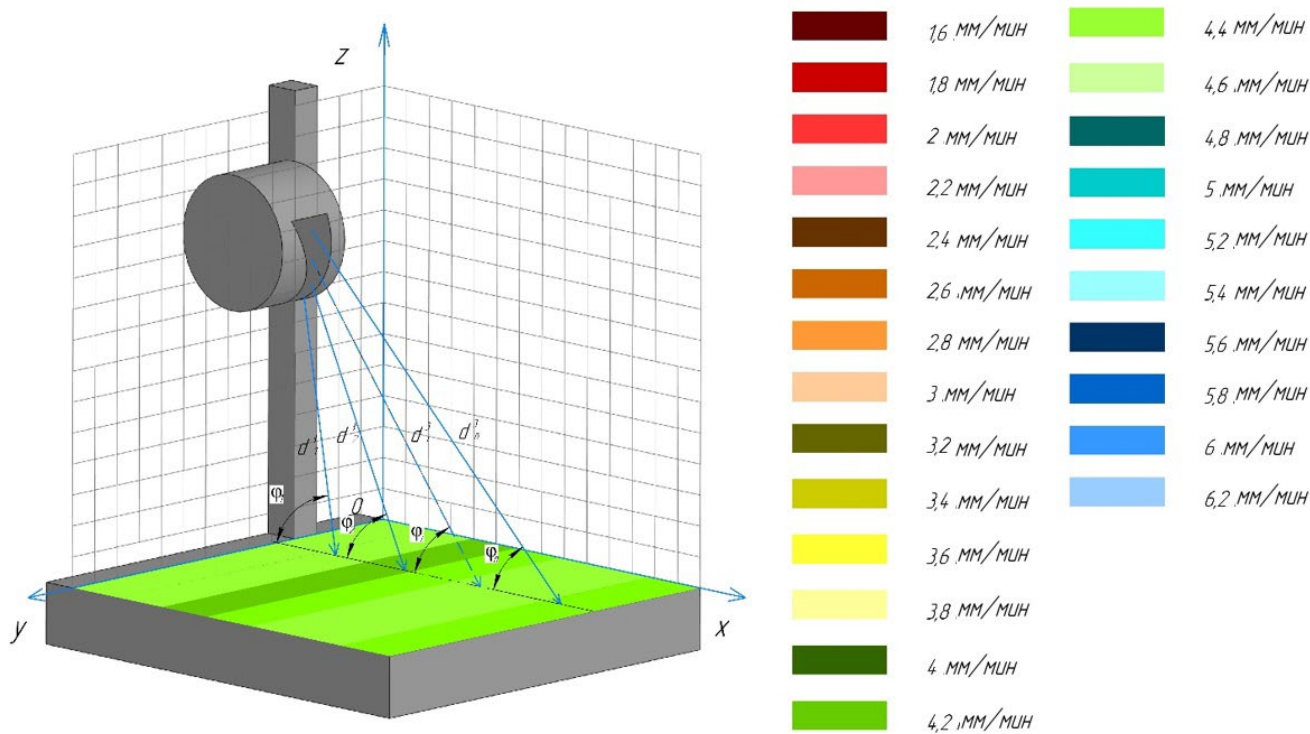
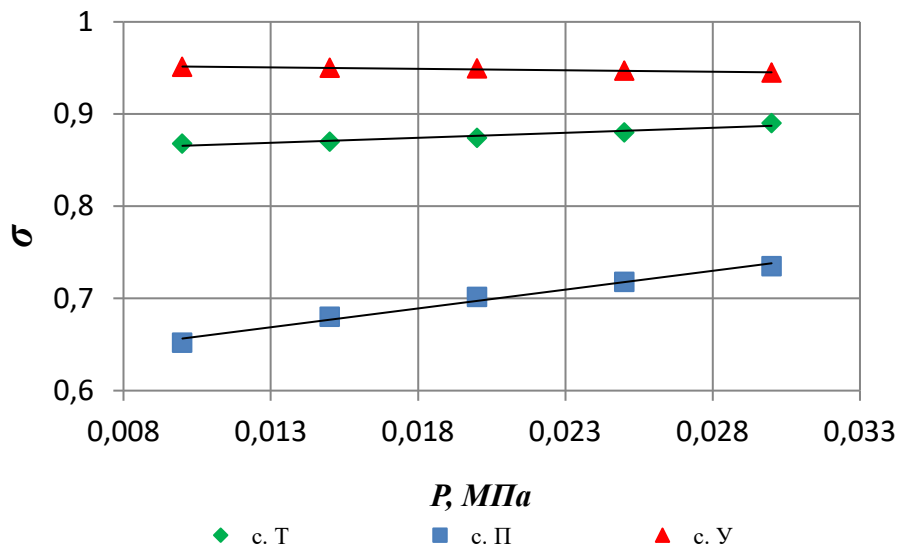


Рисунок 4.16 – Распределение средней интенсивности дождя по площади орошения при поливе струйной веерной дождевальной насадкой с соплом переменной формы

Таким образом, можно сделать вывод о том, что изменение ширины сечения сопла, действительно, положительно влияет на равномерность распределения дождя по площади полива.

При поливе веерной дождевальной насадкой с соплом прямоугольной формы, у которого ширина сопла неизменна, при установке насадки с боковой стороны зоны полива на высоте 0,4 м коэффициент равномерности полива составляет 0,66–0,75, что недостаточно для наших условий. Для улучшения равномерности полива была использована схема с изменяющейся шириной сопла трапециевидной и переменной формами. При испытании насадки с соплом трапециевидной формы коэффициент равномерности полива – 0,86–0,88, а при испытании насадки с соплом переменной формы – 0,94 (рисунок 4.17).

Высокий коэффициент равномерности полива по Кристиансену у насадки с соплом переменного сечения ( $\sigma = 94\%$ ) свидетельствует о лучшей равномерности распределения интенсивности дождя по всей площади полива, что наглядно показано на рисунке 4.17.



Форма сопла веерной дождевальной насадки

Уравнение регрессии

Прямоугольная (с. П)

$$\sigma = 4,0813P + 0,6157$$

$$R^2 = 0,986$$

Трапециевидная (с. Т)

$$\sigma = 1,0843P + 0,8547$$

$$R^2 = 0,9268$$

С переменным сечением (с. У)

$$\sigma = -0,3135P + 0,9547$$

$$R^2 = 0,9486$$

Рисунок 4.17 – Изменение коэффициента равномерности полива  $\sigma$  в зависимости от давления  $P$

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что веерная дождевальная насадка с переменной формой сопла обеспечивает оптимальный мелкодисперсный дождь с диаметром капель 0,8–1,4 мм и высокий коэффициент равномерности полива, достигающий 0,94.

#### 4.7 Выводы по главе

1. В результате экспериментальных исследований были определены полная влагоемкость субстрата, которая составила 0,8 и время впитывания воды. Установлено, что при норме полива 1 л/м<sup>2</sup> полная влагоемкость достигается за 140 с, а при нормах полива 1,5 и 2 л/м<sup>2</sup> – за 110 и 90 с соответственно.

2. Выполненные экспериментальные исследования подтвердили правильность определенных рациональных конструкторских параметров предложенной веерной дождевальной насадки переменным сечением сопла  $\gamma = 72^\circ$ ; ширина сопла насадки изменяется от 2 мм в нижней части до 5 мм в верхней части; высота сопла насадки достигает 12 мм.

3. В ходе экспериментальных исследований были определены расходные характеристики исследуемых дождевальных насадок, показатели дальности полета капель дождя, интенсивности дождя и равномерность полива. Установлено, что предлагаемая веерная дождевальная насадка с переменной формой сопла стабильно работает при низком напоре воды (0,02–0,04 МПа) и создает дождь с наибольшим содержанием капель диаметром 0,8–1,4 мм по сравнению с серийными насадками. Изменение ширины сопла переменной формы с 2 до 5 мм обеспечивает выдачу требуемой поливной нормы 1,5 л/м<sup>2</sup> с наиболее высоким коэффициентом равномерности полива ( $\sigma = 0,94$ ).



## **5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТАНОВКИ ПОЛИВА ШАМПИНЬОНОВ С ВЕЕРНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ НАСАДКОЙ**

### **5.1 Производственные испытания установки полива, оборудованной веерной дождевальнoй насадкой с переменной формой сопла**

Производственные испытания поливной установки, оснащенной веерной дождевальнoй насадкой с переменной формой сопла, проводили на производственных площадках ООО «Саргриб» г. Саратова (рисунок 5.1). В задачи производственных испытаний входило:

- подтверждение эффективности применения веерной дождевальнoй насадки с переменной формой сопла на поливной установке, размещенной в культивационной камере;
- оценка влияния конструктивных параметров веерной дождевальнoй насадки на качественные показатели дождя;
- определение технико-экономических показателей поливной установки, оснащенной веерной дождевальнoй насадкой с переменной формой сопла.



Рисунок 5.1 – Производственные испытания поливной установки, оборудованной веерной дождевальнoй насадкой с переменной формой сопла

Производственные испытания установки полива, оснащенной веерной дождевальной насадкой с переменной формой сопла, проводили в соответствии с методикой, представленной в главе 3.

В камере для выращивания грибов предусмотрена водоизоляционная отделка стен и полов, позволяющая их легко мыть и дезинфицировать. Общая площадь камеры выращивания – 248,1 м<sup>2</sup>. Высота камеры – 4,2 м; ее длина – 112,25 м, ширина – 11,8 м. Полезная площадь, позволяющая выращивать грибы, составляет 250 м<sup>2</sup>. В грибнице размещены 4 стационарных стеллажа длиной 18 м, шириной 1 м, расстояние от пола до 1-го яруса стеллажа – 0,3 м, между ярусами – 0,4 м, между стеллажами – не менее 1 м; от торца камеры до стеллажей – не менее 1,3 м, от продольных стен до стеллажей – не менее 0,9 м.

Для полива шампиньонов водопроводную воду подготавливают в резервуаре объемом 500 л, размещенном внутри камеры. Здесь ее нагревают до температуры окружающей среды (22...24 °С), затем посредством насоса с рабочим давлением 0,02–0,04 МПа подают на поливную установку, которая для обеспечения поливной нормы 1,5 л/м<sup>2</sup> перемещается со скоростью 0,54 м/мин.

## 5.2 Производственно-техническая характеристика хозяйства

В производственно-хозяйственной характеристике отражены следующие основные показатели объекта производства:

- урожайность шампиньонов (таблица 5.1),
- валовой сбор продукции, стоимость валовой продукции и себестоимость основных видов продукции (таблица 5.2),
- основные показатели финансово-экономической деятельности хозяйства (таблица 5.3).

Таблица 5.1 – Урожайность шампиньонов

Оборот	Площадь выращивания, м <sup>2</sup>	Урожайность кг/м <sup>2</sup>
1-й	250	14,3
2-й	250	14,1
3-й	250	14,4
4-й	250	14,3

Таблица 5.2 – Экономические показатели производства продукции

Показатель	Ед. измер.	1-й оборот	2-й оборот	3-й оборот	4-й оборот
Валовой сбор	кг	3575	3550	3600	3575
Стоимость валовой продукции	руб.	1 043 900	1 036 600	1 051 200	1 043 900
Себестоимость продукции	руб./кг	246	247	244	246

Таблица 5.3 – Финансово-экономические показатели предприятия

Показатель	Ед. измер.	1-й оборот	2-й оборот	3-й оборот	4-й оборот
Площадь выращивания	м <sup>2</sup>	250	250	250	250
Балансовая стоимость основных фондов	руб.	3268000	3268000	3268000	3268000
Численность работников	чел.	22	22	22	22
Фондообеспеченность	руб./м <sup>2</sup>	13072	13072	13072	13072
Фондовооружённость	руб./чел.	148546	148546	148546	148546
Стоимость валовой продукции в текущих ценах	тыс. руб.	1 043,9	1 036,6	1 051,2	1 043,9
Затраты на производство	руб.	902340	902340	902340	902340
Выручка от реализации	тыс. руб.	1 043,9	1 036,6	1 051,2	1 043,9
Рентабельность	%	13,6	12,9	14,2	13,6

Фондообеспеченность – это отношение стоимости основных производственных фондов к площади выращивания:

$$\Phi_{об} = \frac{\Phi_{ос}}{F_{сх}}, \quad (5.1)$$

где  $\Phi_{об}$  – фондообеспеченность, руб./м<sup>2</sup>;

$\Phi_{ос}$  – стоимость основных производственных фондов, руб.;

$F_{сх}$  – площадь выращивания, м<sup>2</sup>.

Фондовооружённость труда – это стоимость производственных фондов в расчете на одного рабочего:

$$\Phi_{в} = \frac{\Phi_{ос}}{Ч}, \quad (5.2)$$

где  $Ч$  – среднегодовая численность работников, чел.

Уровень рентабельности – это отношение прибыли к себестоимости продукции:

$$Y_p = \frac{\Pi}{C_p} \cdot 100, \quad (5.3)$$

где  $Y_p$  – уровень рентабельности производства шампиньонов, %;

$\Pi$  – сумма прибыли от производства шампиньонов, руб.;

$C_p$  – стоимость валовой продукции, руб.

### 5.3 Применение установки полива, оборудованной всеерной дождевальнoй насадкой при выращивании шампиньонов

Разработанная автоматизированная установка полива была апробирована и внедрена в хозяйстве, занимающемся промышленным выращиванием шампиньонов.

Внедрение автоматизированной установки полива в производство повлекло за собой изменение технологии, поскольку из процесса полива была исключена необходимость в живом труде.

Предлагаемая технология выращивания шампиньонов предполагает применение автоматизированного устройства для полива. Энергетическую оценку новой технологии производили в сравнении с существующей (базовой) технологией, где полив осуществляют вручную без применения автоматизированных устройств. Результаты представлены в таблицах 5.4 и 5.5.

Таблица 5.4 – Существующая технология выращивания и сбора шампиньонов

Наименование операции	Объём работ, м <sup>2</sup>	Сроки		Оборудование, инструменты, материалы	Сменная норма выработки, м <sup>2</sup>	Расход электроэнергии, кВт·ч	Продолжительность рабочего дня, ч
		календарные дни	рабочие дни				
1	2	3	4	5	6	7	8
Обработка и очистка помещения культивационной камеры	250	1	1	средства обработки, защитная одежда, средства индивидуальной защиты	125	–	8
Закладка субстрата	250	2	1	спецодежда, перчатки	12,5	–	8

Окончание таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8
ТО климатической установки и установка климатических параметров среды	250	3–46	1	климатическая установка	250	19008	24
Распределение покровного материала	250	4	1	спецодежда, перчатки	25	–	4
Начало поливов периода вегетации	250	5–17	12	поливная штанга	250	–	8
Начало поливов 1-й волны	250	18–24	7	поливная штанга	250	–	8
Сбор и упаковка продукции 1-й волны	250	25–26	2	спецодежда, перчатки	32	–	8
Начало поливов 2-й волны	250	27–33	6	поливная штанга	125	–	8
Сбор и упаковка продукции 2-й волны	250	34–35	2	спецодежда, перчатки	32	–	8
Начало поливов 3-й волны	250	36–40	5	поливная штанга	125	–	8
Сбор и упаковка продукции 3-й волны	250	41–42	2	спецодежда, перчатки	32	–	8
Уборка субстрата с покровным материалом	250	43–46	4	спецодежда, перчатки, лопаты	32	–	8

Таблица 5.5 – Предлагаемая технология выращивания и сбора шампиньонов

Наименование операции	Объём работ, м <sup>2</sup>	Сроки		Оборудование, инструменты, материалы	Сменная норма выработки, м <sup>2</sup>	Расход электроэнергии, кВт·ч	Продолжительность рабочего дня, ч
		Календарные дни	Рабочие дни				
1	2	3	4	5	6	7	8
Обработка и очистка помещения культивационной камеры	250	1	1	средства обработки, защитная одежда, средства индивидуальной защиты	125	–	8
Закладка субстрата	250	2	1	спецодежда, перчатки	12,5	–	8
ТО климатической установки и установка климатических параметров среды	250	3–46	1	климатическая установка	250	19008	24

1	2	3	4	5	6	7	8
Распределение покровного материала	250	4	1	спецодежда, перчатки	25	–	4
ТО поливной установки, начало поливов	250	5–42	30	поливная установка	250	86,4	8
Сбор и упаковка продукции 1-й волны	250	25–26	2	спецодежда, перчатки	32	–	8
Сбор и упаковка продукции 2-й волны	250	34–35	2	спецодежда, перчатки	32	–	8
Сбор и упаковка продукции 3-й волны	250	41–42	2	спецодежда, перчатки	32	–	8
Уборка субстрата с покровным материалом	250	43–46	4	спецодежда, перчатки, лопаты	32	–	8

Использование установки полива в предлагаемой технологии выращивания шампиньонов позволяет обеспечивать необходимую равномерность полива, создавать дождь с требуемыми параметрами, а также поддерживать водный баланс в оптимальных пределах, в отличие от базовой технологии, при которой полив выполняют подсобные рабочие.

#### **5.4 Технологическая карта производственного процесса выращивания и сбора шампиньонов**

Технологическая карта – это план организационно-экономических и агротехнических мероприятий, описывающих процесс производства и сбора шампиньонов.

Себестоимость продукции производства шампиньонов рассчитывали по известной методике [121]. В технологической карте отражены все технологические операции производственного процесса, а также последовательность их выполнения.

Для расчета себестоимости производства шампиньонов необходимо определить прямые эксплуатационные затраты на каждую операцию отдельно и на всю технологию в целом.

Для определения количества нормо-смен  $n$  разделим объем работы на сменную норму выработки:

$$n = \frac{U}{W_{\text{см}}}, \quad (5.4)$$

где  $U$  – объём работы в производственном процессе на определенную операцию,  $m^2$ ;

$W_{см}$  – сменная норма выработки в производственном процессе на определенную операцию,  $m^2$ , кг.

Указываем используемое оборудование, инструменты и материалы, а также подсчитываем часовую производительность  $W_{ч}$ :

$$W_{ч} = \frac{W_{см}}{T_{см}^H}. \quad (5.5)$$

Определяем производительность механизированных систем  $W_{дн}$ :

$$W_{дн} = W_{ч} T_p, \quad (5.6)$$

где  $T_p$  – продолжительность смены, ч.

Производительность механизированных систем на весь технологический период производства шампиньонов  $W_{сез}$ :

$$W_{сез} = W_{дн} D_p, \quad (5.7)$$

где  $D_p$  – продолжительность выполнения операции, дни.

Необходимая численность рабочих  $n_a$ :

$$n_a = \frac{U}{W_{сез}}. \quad (5.8)$$

Затраты труда:

$$З_{тр} = n Ч_{тр} \cdot 8, \quad (5.9)$$

где  $З_{тр}$  – затраты труда на выполнение операции, чел.-ч;

$n$  – количество нормо-смен;

$Ч_{тр}$  – требуемая численность рабочих.

Тарифный фонд  $T_{ф}$  рассчитываем по соответствующим тарифным ставкам за норму выработки при 8-часовом рабочем дне:

$$T_{\phi} = C_T n \text{Ч}, \quad (5.10)$$

где Ч – количество работников, занятых на выполнении технологической операции;  
 $n$  – количество нормо-смен, необходимых для выполнения технологической операции;

$C_T$  – тарифная ставка рабочего, занятого на определенной операции, руб.

Полные эксплуатационные затраты  $I_3$  технологического процесса выращивания шампиньонов:

$$I_3 = C_{зп} + C_a + C_p + C_{тр} + C_{эл}, \quad (5.11)$$

где  $C_{зп}$  – фонд заработной платы, руб.;

$C_a$  – амортизационные отчисления, руб.;

$C_p$  – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб.;

$C_{тр}$  – транспортные расходы, руб.;

$C_{эл}$  – затраты на электроэнергию, руб.

Амортизационные отчисления  $C_a$ :

$$C_a = \sum \frac{1,15 B_{ст} a N D_p T_p}{100 T_{год}}, \quad (5.12)$$

где  $B_{ст}$  – балансовая стоимость машины, руб.;

$a$  – норма амортизационных отчислений, %;

$N$  – количество машин, ед.;

$D_p$  – продолжительность работы на операции, дней;

$T_p$  – продолжительность работы машины в день, ч;

$T_{год}$  – продолжительность работы машины в течение года, ч.

Затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования, применяемого при выращивании шампиньонов:

$$C_p = \frac{1,15 B_{ст} a_2 N D_p T_p}{100 T_{год}}, \quad (5.13)$$

где  $a_2$  – отчисления на ТО и ремонт оборудования, %.



Транспортные расходы определим как произведение объема перевозок на себестоимость одного килограмм-километра:

$$C_{\text{тр}} = PC_{\text{ТКМ}}, \quad (5.14)$$

где  $P$  – объем грузоперевозок, кг-км;

$C_{\text{ТКМ}}$  – себестоимость 1 кг-км, руб.

Объем грузоперевозок:

$$P = UqL, \quad (5.15)$$

где  $q$  – урожай шампиньонов или масса субстрата, кг/м<sup>2</sup>;

$L$  – расстояние транспортирования груза, км.

Расход топлива  $Y_{\Gamma}$ :

$$Y_{\Gamma} = \frac{d}{P}, \quad (5.16)$$

где  $d$  – количество израсходованного топлива, кг:

$$d = \theta_p n_p, \quad (5.17)$$

где  $\theta_p$  – расход топлива на один рейс, л;

$n_p$  – количество рейсов, необходимое для транспортирования всего объема груза:

$$n_p = \frac{Uq}{\Gamma}, \quad (5.18)$$

где  $\Gamma$  – грузоподъемность грузовой машины, кг.

Себестоимость 1 кг-км транспортирования  $C_{\text{ТКМ}}$ :

$$C_{\text{ТКМ}} = Y_{\Gamma} \Pi_{\Gamma}. \quad (5.19)$$

Прирост урожая шампиньонов, получаемое за счет качественного полива:

$$q_{\Pi} = K_{\Pi} q_{\text{б}}. \quad (5.20)$$

Где  $q_{\text{б}}$  – урожайность шампиньонов при базовой технологии, кг/м<sup>2</sup>;

$K_{\Pi}$  – коэффициент пропорциональности равномерности полива:

$$K_{\Pi} = \sigma_{\Pi} - \sigma_{\zeta}. \quad (5.21)$$

Затраты на электроэнергию для выполнения технологического процесса выращивания шампиньонов:

$$C_{\text{эл}} = \Pi_{\text{эл}} P_{\text{э}}, \quad (5.22)$$

где  $\Pi_{\text{эл}}$  – рыночная цена поставляемой электроэнергии, руб./кВт·ч;

$P_{\text{э}}$  – количество электроэнергии, потребляемое производством в процессе выполнения технологических операций:

$$P_{\text{э}} = N_{\text{э}} n \cdot 8, \quad (5.23)$$

где  $N_{\text{э}}$  – потребляемая мощность электродвигателей, кВт.

Общие затраты на производство шампиньонов:

$$C_{\text{общ}} = I_{\text{з}} + C_{\text{суб}} + C_{\text{герб}} + C_{\text{нр}}, \quad (5.24)$$

где  $I_{\text{з}}$  – прямые эксплуатационные затраты, руб.;

$C_{\text{суб}}$  – затраты на закупку субстрата, зараженного мицелиями шампиньона, и покровного материала, руб.;

$C_{\text{герб}}$  – затраты на препараты, руб.;

$C_{\text{нр}}$  – прочие затраты, примем в размере 25 % от прямых эксплуатационных затрат, руб.

Себестоимость 1 кг готовой продукции  $C_{\text{б}}$ :

$$C_{\text{б}} = Q k_{\text{пр}} C_{\text{общ}}, \quad (5.25)$$

где  $Q$  – валовой сбор шампиньонов, кг;

$k_{\text{пр}}$  – коэффициент перевода продукции в условную, для шампиньонов примем

$k_{\text{пр}} = 1,0$ ;

$C_{\text{общ}}$  – общие затраты на производство шампиньонов, руб.

Расчеты экономической эффективности предлагаемой технологии выполнили с помощью программных продуктов ЭВМ. Результаты представлены в приложении *Б*.

### **5.5 Экономическая эффективность выращивания шампиньонов при применении установки полива, оборудованной веерной дождевальнoй насадкой**

Для определения эффективности внедрения предлагаемой технологии выращивания шампиньонов с применением установки полива, оснащенной веерной дождевальнoй насадкой с переменным сечением сопла, провели ее сравнение с существующей технологией на предмет денежных и трудовых затрат. Результаты представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Экономические показатели существующей и новой технологий

Показатель	Технология выращивания шампиньонов	
	существующая	новая
Количество нормo-смен	71	66
Прямые эксплуатационные затраты, руб.	550524	553547
Фонд заработной платы, руб.	67000	62000
Затраты труда, чел.-ч	544	504
Амортизационные отчисления, руб.	205746	208765
Затраты на ТО и ремонт, руб.	5316	5355
Затраты на электроэнергию, руб.	146362	147027
Валовой сбор основной продукции, кг	3575	4150
<b>Общие затраты, руб.</b>	<b>902340</b>	<b>874877</b>
<b>Себестоимость продукции, руб./кг</b>	<b>253</b>	<b>211</b>

Таким образом, внедрение технологии с применением автоматизированной поливной установки позволило сократить общие затраты, а также снизить себестоимость производства 1 кг продукции с 253 до 211 руб.

### **5.6 Выводы по главе**

1. Проведены производственные испытания поливной установки, оснащенной веерной дождевальнoй насадкой с переменной формой сопла (приложение *Е*).

2. Выполнен расчет экономической эффективности применения поливной установки, оборудованной веерной дождевальнoй насадкой с переменной формой сопла.

3. Применение в культивационной камере поливной установки с веерной дождевальной насадкой с переменной формой сопла позволило сократить общие затраты, а также снизить себестоимость производства 1 кг продукции с 253 до 211 руб.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе решена актуальная задача повышения качественных показателей полива поливной установкой, размещенной в культивационной камере для выращивания шампиньонов, путем применения веерной дождевальной насадки с переменной формой сопла.

1. Проведенный анализ существующих способов полива и дождеобразующих устройств на поливных установках, используемых в культивационных камерах, показал, что данные устройства формируют дождь с большим диаметром капель, низкими интенсивностью и равномерностью полива. Была разработана конструкция автоматизированной поливной установки, оснащенной веерной дождевальной насадкой (патент РФ на полезную модель № 218218), позволяющая повысить качественные показатели дождя за счет применения сопла переменного сечения.

2. Теоретические исследования позволили получить математические зависимости для определения рациональных конструктивно-технологических параметров веерной дождевальной насадки с переменным сечением сопла, способной обеспечивать равномерный полив с требуемыми качественными показателями дождя:

- угол раскрытия сопла – формула (2.26);
- высота сопла – формула (2.27);
- ширина сопла – формула (2.37);
- равномерность полива, обеспечиваемая постоянством интенсивности дождя, – формула (2.34);

Рациональные конструктивные параметры веерной дождевальной насадки с переменным сечением сопла:

- радиус насадки  $r = 20$  мм;
- угол раскрытия сопла  $\gamma = 72^\circ$ ;
- ширина сопла насадки  $b = 2 \dots 5$  мм;
- высота сопла насадки  $a = 2 \dots 12$  мм;

3. Экспериментальные исследования показали, что применение на поливной установке веерной дождевальной насадки позволит стабильно работать при низком

напоре воды (0,02...0,04 МПа) и создавать дождь с наибольшим содержанием капель диаметром 0,8...1,4 мм, в отличие от серийных дождеобразующих устройств. Изменение ширины сопла насадки с 2 до 5 мм при изменении высоты сопла насадки с 2 до 12 мм обеспечивает выдачу поливной нормы 1,5 л/м<sup>2</sup> с интенсивностью дождя 14,1-14,7 мм/мин и наиболее высоким коэффициентом равномерности полива ( $\sigma = 94 \%$ ).

4. Применение в культивационной камере поливной установки, оборудованной веерной дождевальнoй насадкой с переменной формой сопла, позволяет сократить общие затраты, а также снизить себестоимость производства 1 кг продукции с 253 до 211 руб.

### **РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ**

1. Организациям, занимающимся производством грибной продукции, для обеспечения эффективного полива грибов в культивационных камерах рекомендуется применять на поливной установке веерную дождевальную насадку с переменной формой сопла шириной 2...5 мм, длиной 12 мм. Рабочее давление воды – 0,02...0,04 МПа.

2. Полученные математические зависимости конструктивно-технологических параметров веерной дождевальнoй насадки рекомендуется использовать проектным организациям, научно-исследовательским учреждениям, учебным заведениям и производителям дождеобразующих устройств.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ**

Перспективным направлением дальнейшей разработки темы представляется внедрение автоматизации для повышения эффективности полива поливной установки и совершенствование конструкции веерной дождевальнoй насадки для улучшения качественных показателей дождя или использование аналитических зависимостей и результатов данной диссертационной работы для создания дождевальнoх устройств с программируемой равномерностью распределения дождя по зоне полива.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абуд, Ф. Х.* Влияние состава покровного грунта на урожайность шампиньона и качество плодовых тел : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Абуд Фауаз Хаджи. – М., 1991. – 26 с.
2. *Авдеенко, С. С.* Особенности производства шампиньона в мелкотоварном секторе Ростовской области / С. С. Авдеенко // Вопросы науки 2019 : потенциал науки и современные аспекты : сб. науч. тр. по матер. I Междунар. науч.-практ. конф. Анапа, 18 декабря 2019 г. – Анапа : ООО «Научно-исследовательский центр экономических и социальных процессов в Южном Федеральном округе», 2019. – С. 66–69.
3. *Азизов, И. Р.* Результаты исследований агротехнических показателей субстрата для выращивания шампиньонов / И. Р. Азизов, А. В. Русинов, С. А. Анисимов // Агропромышленные технологии Центральной России. – 2023. – № 2. – С. 75–83.
4. *Азизов, И. Р.* Современные роботизированные комплексы, задействованные в АПК / И. Р. Азизов, А. В. Русинов // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях : матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. Саратов, 21–22 апреля 2021 г. – Саратов : ООО «Амирит», 2021. – С. 333–336.
5. *Александрова, Е. Г.* Культивирование шампиньонов : когда отход идет в доход / Е. Г. Александрова, М. И. Дулов, Т. Г. Лазарева // Инновационные достижения науки и техники АПК : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2018. – С. 202–205.
6. *Амельянчик, А. И.* К вопросу о движении артиллерийского снаряда / А. И. Амельянчик, Н. И. Горбач // Теоретическая и прикладная механика : междунар. науч.-техн. сб. – Вып. 24. – Минск, 2009. – С. 247–260.
7. А. с. 1005935 А1 СССР, МПК В 05 В 1/26. Дождевальная насадка / Н. Е. Чубиков, П. Д. Лизин, В. К. Федосеев [и др.] ; заявитель ВолжНИИГиМ. – № 3280827 ; заявл. 28.04.1981 ; опубл. 23.03.1983.
8. А. с. 1098574 А1 СССР, МПК В 05 В 1/26. Универсальная дождевальная насадка П. Д. Лизина / П. Д. Лизин ; заявитель ВолжНИИГиМ. – № 3430743 ; заявл. 03.03.1982 ; опубл. 23.06.1984.

9. А. с. 1119634 А1 СССР, МПК А 01 G 25/02. Дождевальная насадка / А. Д. Обухов, С. П. Майструк, Б. М. Волков ; заявитель Украинский институт инженеров водного хозяйства. – № 3352530 ; заявл. 15.07.1981 ; опубл. 23.10.1984.

10. А. с. 1281208 А1 СССР, МПК А 01 G 9/24. Установка для выращивания шампиньонов / А. Г. Аничхин, З. П. Цаер, А. Г. Тащина ; заявитель Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений. – № 3829699 ; заявл. 26.12.1984 ; опубл. 07.01.1987.

11. А. с. 1371626 А1 СССР, МПК А 01 G 25/00. Дождевальная насадка / Э. И. Локшин, П. Б. Чебаненко, В. В. Байков [и др.] ; заявитель Всесоюзное научно-производственное объединение по сельскохозяйственному использованию сточных вод «Прогресс». – № 4008385 ; заявл. 16.01.1986 ; опубл. 07.02.1988.

12. А. с. 1611276 А1 СССР, МПК А 01 G 25/02. Короткоструйная дождевальная насадка / Н. П. Бредихин, П. Д. Ткачев, В. А. Свириденко ; заявитель Южный НИИ гидротехники и мелиорации. – № 4475946 ; заявл. 23.08.1988 ; опубл. 07.12.1990.

13. А. с. 1630690 А1 СССР, МПК А 01 G 25/02. Дождевальная насадка / А. А. Бурдун, Г. В. Ольгаренко, Н. А. Иванова [и др.] ; заявитель Южный НИИ гидротехники и мелиорации. – № 4497892 ; заявл. 25.10.1988 ; опубл. 28.02.1991.

14. А. с. 1729603 А1 СССР, МПК В 05 В 1/04. Короткоструйная дождевальная насадка / И. П. Пацера, В. И. Волобой, М. А. Бубенчиков, А. Н. Данильченко ; заявитель ПО «Херсонский комбайновый завод им. Г. И. Петровского» ; Всесоюзное научно-производственное объединение по механизации орошения «Радуга». – № 4823740 ; заявл. 20.03.1990 ; опубл. 30.04.1992.

15. А. с. 442848 А1 СССР, МПК В 05 В 1/26. Дождевальная насадка / Г. Ф. Рожков ; заявитель Среднеазиатский НИИ ирригации им. В. Д. Журина. – № 1694247/23-26 ; заявл. 30.08.1971 ; опубл. 15.09.1974.

16. А. с. 454875 А1 СССР, МПК А 01 G 25/00, В05В 1/18, В05В 1/30. Дождевальная насадка / Е. С. Анциферов, С. К. Головицын ; заявитель Всесоюзный НИИ



гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова. – № 1958573 ; заявл. 20.08.1973 ; опубл. 30.12.1974.

17. А. с. 496254 А1 СССР, МПК С 05 F 11/00. Субстрат для выращивания шампиньонов / В. М. Ковбасенко, Ю. М. Халинский. – № 1875810 ; заявл. 29.01.1973 ; опубл. 25.12.1975.

18. А. с. 791323 А1 СССР, МПК А 01 G 1/04. Устройство для выращивания шампиньонов / И. Е. Кирдода. – № 2776932 ; заявл. 06.06.1979 ; опубл. 30.12.1980.

19. А. с. 803902 А1 СССР, МПК А 01 G 1/04. Субстрат для выращивания шампиньонов / Г. Л. Бондаренко, Г. Л. Семенкова ; заявитель Украинский НИИ овощеводства и бахчеводства. – № 2811595 ; заявл. 22.08.1979 ; опубл. 15.02.1981.

20. А. с. 835365 А1 СССР, МПК А 01G 1/04. Питательный субстрат для выращивания мицелия грибов шампиньонов и способ его приготовления / С. И. Китаев, Н. Б. Шалашова, О. Н. Бубнова ; заявитель МСХА им. К. А. Тимирязева. – № 2594164 ; заявл. 23.03.1978 ; опубл. 07.06.1981.

21. А. с. 888871 А1 СССР, МПК А 01 G 25/00. Дождевальная насадка / П. Д. Лизин, В. Д. Светличный ; заявитель ВолжНИИГиМ. – № 2942228 ; заявл. 16.06.1980 ; опубл. 15.12.1981.

22. А. с. 967386 А1 СССР, МПК А 01 G 1/04. Способ приготовления субстрата для выращивания шампиньонов / И. Е. Кирдода. – № 2930278 ; заявл. 23.05.1980 ; опубл. 23.10.1982.

23. *Афанасьев, В. И.* Об экономической эффективности грибоводства в России / В. И. Афанасьев // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2020. – № 8. – С. 99–103.

24. *Батин, А. А.* Коммерческие перспективы производства шампиньонов / А. А. Батин, И. В. Мазурин, А. Б. Богородский // Сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы менеджмента в экономике XXI века». Ярославль, 21–22 мая 2014 г. / ФГБОУ ВПО «Ярославская ГСХА». – Ярославль, 2014. – С. 104–106.

25. Булохов, В. А. Экономический справочник сельского специалиста / В. А. Булохов, П. И. Пеннер. – М. : Россельхозиздат, 1983. – 192 с.
26. Ветеринарно-санитарная экспертиза и оценка шампиньонов / О. С. Крючкова [и др.] // Развитие науки и образования в современном мире : сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практ. конф. Москва, 31 марта 2015 г. – М. : ООО «АР-Консалт», 2015. – С. 167–168.
27. Выращивание шампиньонов в условиях Туркменистана / М. Р. Оразбердиева [и др.] // Вестник Сыктывкарского университета. Сер. 2. Биология. Геология. Химия. Экология. – 2022. – № 3(23). – С. 66–71.
28. ГОСТ Р 51750-2001. Методика определения энергоемкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 29 с.
29. ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки / ФГНУ «РосНИИТиМ. – М. : Стандартинформ, 2009. – 23 с.
30. ГОСТ Р 56827-2015. Грибы шампиньоны свежие культивируемые. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2019. – 15 с.
31. Гусейн-Заде, С. Х. Многоопорные дождевальные машины / С. Х. Гусейн-Заде, Л. А. Перевезенцев, В. И. Коваленко. – М. : Колос, 1984. – 191 с.
32. Дараков, О. Б. Плодообразование культивируемого шампиньона, *Agaricus bisporus* (Lange) Imbach : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / Дараков Олег Борисович. – М., 1984. – 257 с.
33. Девочкин, Л. А. Шампиньоны / Л. А. Девочкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1989. – 175 с.
34. Девочкина, Н. Л. Агротехнологическое обоснование промышленного культивирования шампиньона двуспорового : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Девочкина Наталия Леонидовна. – М., 2004. – 46 с.
35. Девочкина, Н. Л. Плодоношение шампиньона при укрытии субстрата покровным грунтом / Н. Л. Девочкина, Р. Д. Нурметов, Л. Г. Дугуниева // Картофель и овощи. – 2020. – № 4. – С. 22–25.

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

37. *Девочкина, Н. Л.* Промышленное культивирование – основа для развития грибоводства в России / Н. Л. Девочкина, Р. Д. Нурметов, Л. И. Долгих // Теплицы России. – 2012. – № 3. – С. 39–43.

38. *Додылева, С. И.* Методы производства посадочной грибницы и культура шампиньонов в Молдавии : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / Додылева С. И. – Кишинев, 1966. – 22 с.

39. *Доспехов, Б. А.* Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1973. – 336 с.

40. *Думнов, А. Д.* Показатели природоемкости и природоотдачи : развернутая трактовка / А. Д. Думнов, А. П. Демин // Доклады ТСХА. – 2019. – Вып. 291. – Ч. IV. – С. 334–338.

41. *Еникиев, Р. И.* Технология приготовления питательных субстратов для выращивания шампиньонов / Р. И. Еникиев, А. Р. Ибатуллина // NovaInfo.Ru. – 2017. – Т. 1. – № 59. – С. 158–162.

42. *Еникиев, Р. И.* Химический состав и питательная ценность шампиньонов / Р. И. Еникиев, Э. А. Гимазетдинова, Я. Ф. Юсупова // NovaInfo.Ru. – 2019. – № 107. – С. 14–15.

43. *Ерхов, Н. С.* Определение крупности капель дождя с помощью бумажных фильтров / Н. С. Ерхов, Г. П. Лямперт // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1971. – № 10. – С. 31–33.

44. *Есин, А. И.* Задачи технической механики жидкости в естественных координатах : [монография] / А. И. Есин. – Саратов : ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2003. – 144 с.

45. *Иванов, А. И.* Шампиньоны России (род *Agaricus* L.). Видовой состав, экология, культивирование : [монография] / А. И. Иванов. – Пенза : РИО ПГАУ, 2017. – 200 с.

46. *Исаев, А. П.* Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов / А. П. Исаев, Б. И. Сергеев, В. А. Дидур. – М. : Агропромиздат, 1990. – 400 с.

47. Исследование инверсии струи дождевальных насадок с отверстием эллипсоидной формы / А. В. Кузнецов [и др.] // Вестник Рязанского государственного агро-технологического университета им. П. А. Костычева. – 2020. – № 3(47). – С. 133–137.

48. *Кильчукова, А. Л.* Инструменты повышения эффективности управления АПК региона и обеспечение его устойчивого развития / А. Л. Кильчукова, З. Б. Хуранова, Т. А. Кясов // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]. – 2015. – № 1. – Режим доступа : <https://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2767>.

49. *Коркожа, С. Г.* Совершенствование строительных решений цеха субстрата для выращивания шампиньонов / С. Г. Коркожа, Н. В. Сухорукова // Научный журнал молодых ученых. – 2022. – № 1(26). – С. 68–73.

50. *Коробская, А. Д.* Особенности организации бизнеса по выращиванию грибов шампиньонов / А. Д. Коробская, Л. А. Цветкова // Современные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса региона : сб. тр. науч.-практ. конф. преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов экономического факультета Новосибирского ГАУ. Новосибирск, 10–13 апреля 2018 г. – Новосибирск : Издательский центр НГАУ «Золотой колос», 2018. – С. 138–141.

51. *Крутов, А. В.* К вопросу промышленного выращивания шампиньонов в Республике Беларусь / А. В. Крутов, И. А. Шихарев // Агропанорама. – 2021. – № 4(146). – С. 17–21.

52. *Курагодникова, Г. А.* Культура шампиньонов / Г. А. Курагодникова, Е. М. Тельнова // Наука и образование [Электронный ресурс]. – 2021. – Т. 4. – № 2. – Режим доступа : <http://opusmgau.ru/index.php/see/issue/view/19>.

53. *Лазарева, Т. Г.* Анализ производства и рынка грибов в России / Т. Г. Лазарева, Е. Г. Александрова // Вестник Евразийской науки [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1. – Режим доступа : <https://esj.today/PDF/75ECVN119.pdf>.

54. *Лазарева, Т. Г.* Производство грибов в России : основные проблемы и перспективы / Т. Г. Лазарева, Е. Г. Александрова // Успехи современной науки и образования. – 2017. – Т. 5 – № 4. – С. 181–185.

55. *Лебедев, Б. М.* Дождевальные машины / Б. М. Лебедев. – М. : Машиностроение, 1977. – 246 с.

56. *Листопад, Г. Е.* Определение дальности полета струи дождевального аппарата / Г. Е. Листопад, Н. А. Безроднов // Орошаемое земледелие Поволжья : сб. науч. тр. – Волгоград, 1972. – Вып. 1. – С. 23–27.

57. Математическая статистика. – М. : Высшая школа, 1975. – 398 с.

58. Мелиорация земель : курс лекций : в 3 ч. / под ред. Г. А. Сенчукова ; Новочеркасская. гос. мелиор. акад. – Изд. 4-е, испр. и доп. – Новочеркасск, 2008. – Ч. 1. – 202 с.

59. Методические рекомендации по оценке топливно-энергетических затрат на выполнение механизированных процессов в растениеводстве / сост. Б. И. Базаров. – М. : ВАСХНИЛ, 1985. – 43 с.

60. *Мильченко, Н. Ю.* / Методика расчета режима распыления раствора сельскохозяйственного назначения с учетом метеоусловий / Н. Ю. Мильченко // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях : матер. Междунар. науч.-практ. конф. 26–28 января 2016 г., г. Волгоград. – Волгоград, 2016. – С. 284–289.

61. *Мильченко, Н. Ю.* Обоснование параметров процесса смачивания сельскохозяйственных растений жидкими растворами и их распыления при механизированном внесении средств химизации : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Мильченко Наталья Юрьевна. – Волгоград, 2003. – 23 с.

62. *Михалев, Е. В.* Влияние толщины слоя покровной земли на урожайность шампиньона в ЗАО Агрокомбинат «Горьковский» / Е. В. Михалев, Л. В. Насонова, М. В. Самсонова // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. – 2012. – Т. 1. – С. 263–268.

63. *Михалев, Е. В.* Технология выращивания шампиньона : учебное пособие / Е. В. Михалев ; Нижегородская гос. с.-х. акад. – Нижний Новгород, 2005. – 193 с.

64. Модернизация мелкодисперсного дождевального насадка для получения искусственного дождя / О. В. Бочарникова [и др.] // Известия Нижневолжского

агроуниверситетского комплекса. Наука и высшее профессиональное образование. – 2022. – № 3(67). – С. 433–437.

65. *Морозов, А. И.* Выращивание шампиньонов / А. И. Морозов. – М. : АСТ ; Донецк : Сталкер, 2001. – 48 с.

66. *Муравьев, А. Ю.* Концепция развития российского грибоводства на период 2015–2020 гг. / А. Ю. Муравьев, А. А. Ефремов. – М. : Агротип, 2015. – 42 с.

67. *Набоких, А. А.* Конкуренентоспособность продукции грибоводства в условиях глобализации мирового рынка / А. А. Набоких, А. В. Ряттель // Направления повышения стратегической конкурентоспособности аграрного сектора экономики : матер. Междунар. науч.-практ. конф. – Тамбов, 2012. – С. 156–163.

68. *Назранов, Х. М.* Оптимизация технологии приготовления компоста и покровного материала при культивировании шампиньона двуспорового / Х. М. Назранов, З. М. Кареева, Д. А. Губжокова // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования, с. Соленое Займище, 28 февраля 2018 г. – с. Соленое Займище : Прикаспийский НИИ аридного земледелия, 2018. – С. 629–633.

69. НТП АПК 1.10.09.002-04. Нормы технологического проектирования комплексов по выращиванию шампиньонов [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/2ca/4293851988.pdf>.

70. *Нурметов, Р. Д.* Выращивание шампиньона и вешенки : руководство / Р. Д. Нурметов, Н. Л. Девочкина. – М. : Россельхозакадемия, 2010. – 68 с.

71. Обоснование регулирования расходно-напорных характеристик дождевальных машин, работающих в движении по кругу / А. И. Рязанцев [и др.] // Наука в Центральной России. – 2022. – № 5(59). – С. 69–76.

72. Обоснование требований к насадкам дождевальных машин и опрыскивателей // Инженерно-техническое обеспечение АПК : реферативный журнал. – 2005. – № 2. – С. 400.

73. Оптимизация технологии приготовления компоста и покровного материала при культивировании шампиньона двуспорового / Х. М. Назранов [и др.] //

Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность : сб. матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Нальчик : Кабардино-Балкарский ГАУ, 2018. – С. 7–10.

74. ОСТ 70.11.1-74 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Программа и методика испытаний / Всесоюзное объединение «Сельхозтехника». – М., 1977. – 70 с.

75. Оценка энергетических показателей усовершенствованного привода многоопорных дождевальных машин типа «Кубань-ЛК1» / А. И. Рязанцев [и др.] // Наука в центральной России. – 2023. – № 6(66). – С. 62–70.

76. *Пажи, Д. Г.* Основы техники распыливания жидкостей / Д. Г. Пажи, В. С. Галустов. – М. : Химия. 1984. – 256 с.

77. *Пажи, Д. Г.* Распылители жидкостей / Д. Г. Пажи, В. С. Галустов. – М. : Химия, 1979. – 216 с.

78. Пат. 2000846 С1 Российская Федерация, МПК В05В 1/18. Дождевальный насадок к дальноструйному дождевальному аппарату : № 5039793 : заявл. 24.04.1992 : опубл. 15.10.1993 / Н. Я. Кириленко.

79. Пат. 2058716 Российская Федерация, МПК А 01 G 1/04. Комплекс для выращивания шампиньонов И. И. Сташевского / Сташевский И. И. ; заявитель и патентообладатель И. И. Сташевский. – № 94010326/15 ; заявл. 23.03.1994 ; опубл. 27.04.1996.

80. Пат. 2059354 Российская Федерация, МПК А 01 G 1/04. Субстрат для выращивания шампиньонов и других съедобных грибов и способ его получения / Муромцев Г. С., Виноградова В. С., Матаруева И. А. [и др.] ; заявитель Научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии РАСХН. – № 93003395/13 ; заявл. 19.01.1993 ; опубл. 10.05.1996.

81. Пат. 2092017 Российская Федерация, МПК А 01 G 1/04. Способ получения субстрата для выращивания шампиньонов / Стрекалев А. И. ; заявитель и патентообладатель А. И. Стрекалев. – № 5067053/15 ; заявл. 21.09.1992 ; опубл. 10.10.1997.

82. Пат. 2103865 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/02, А 01 М 7/00, В 05 В 1/04. Секторная дождевальная насадка / Чубиков Н. Е. ; заявитель и патентообладатель Н. Е. Чубиков. – № 97100871/13 ; заявл. 22.01.1997 ; опубл. 10.02.1998.

83. Пат. 2136141 Российская Федерация, МПК А 01 G 1/04. Способ стимулирования роста посевного мицелия шампиньона / Денисова Г. В., Иванов А. И., Блинохватов А. Ф. ; заявитель Пензенская государственная сельскохозяйственная академия. – № 98110393/13 ; заявл. 01.06.1998 ; опубл. 10.09.1999.

84. Пат. 2160000 Российская Федерация, МПК А 01 G 1/04. Способ стимуляции роста шампиньонов и вешенки / Алексеева К. Л., Малеванная Н. Н., Хрипач В. А., Жабинский В. Н. ; заявитель Некоммерческое научно-производственное партнерство «НЭСТ М». – № 99106737/13 ; заявл. 12.04.1999 ; опубл. 10.12.2000.

85. Пат. 2174453 Российская Федерация, МПК В05В 1/18, В05В 1/26. Дождевальная дефлекторная насадка / Бородычев В. В., Колганов А. В., Салдаев А. М., Бородычева Е. В. ; патентообладатели В. В. Бородычев, А. В. Колганов, А. М. Салдаев, Е. В. Бородычева. – № 2001100788/12 ; заявл. 09.01.2001 ; опубл. 10.10.2001.

86. Пат. 2240346 Российская Федерация, МПК С12 N 1/14, А 01 G 1/04, С12 R 1/645. Штамм шампиньона двуспорового *Agaricus bisporus* (Lanqe) Imbach – продуцент плодовых тел / Макарова Г. Я., Литвинов С. С., Девочкина Н. Л., Нурметов Р. Д. ; заявитель Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства (ВНИИО). – № 2003112471/13 ; заявл. 29.04.2003 ; опубл. 20.11.2004.

87. Пат. 2305603 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18, В 05 В 1/26. Дождевальное устройство / Абезин В. Г., Карпунин В. В., Карпунин В. В., Семенов С. Я. ; заявитель Государственное научное учреждение Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий Российской академии сельскохозяйственных наук. – № 2006105564/12 ; заявл. 22.02.2006 ; опубл. 10.09.2007.

88. Пат. 2310519 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18. Дождевальный насадок / Абезин В. Г., Гостищев Д. П., Гильденберг Е. Ю. [и др.] ; заявитель Государственное научное учреждение Поволжский научно-исследовательский



институт эколого-мелиоративных технологий Российской академии сельскохозяйственных наук. – № 2006111152/12 ; заявл. 05.04.2006 ; опубл. 20.11.2007.

89. Пат. 2311963 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18. Дождевальная насадка / Абезин В. Г., Карпунин В. В., Гостищев Д. П. [и др.] ; заявитель Государственное научное учреждение Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий Российской академии сельскохозяйственных наук. – № 2006120620/12 ; заявл. 13.06.2006 ; опубл. 10.12.2007.

90. Пат. 2317862 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18. Насадок дождевального агрегата / Абезин В. Г., Карпунин В. В., Салдаев А. М. ; заявитель Государственное научное учреждение Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий Российской академии сельскохозяйственных наук. – № 2006126435/12 ; заявл. 20.07.2006 ; опубл. 27.02.2008.

91. Пат. 2326742 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18. Дождевальная насадка / Абезин В. Г., Карпунин В. В., Овчинников А. С. ; заявитель Государственное научное учреждение Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий Российской академии сельскохозяйственных наук. – № 2006141193/12 ; заявл. 21.11.2006 ; опубл. 20.06.2008.

92. Пат. 2329872 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18. Дождевальная дефлекторная насадка / Абезин В. Г., Карпунин В. В., Овчинников А. С. ; заявитель Государственное научное учреждение Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий Российской академии сельскохозяйственных наук. – № 2006143246/12 ; заявл. 06.12.2006 ; опубл. 27.07.2008.

93. Пат. 2343994 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18. Дождевальная насадка с регулируемой подачей / Абезин В. Г., Карпунин В. В., Цепляев А. Н. ; заявитель Государственное научное учреждение Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий Российской академии сельскохозяйственных наук. – № 2007128373/12 ; заявл. 23.07.2007 ; опубл. 20.01.2009.

94. Пат. 2365427 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18. Мелкодисперсный дождевальная насадка / Абезин В. Г., Цепляев А. Н., Бороменский В. П. ; заявитель

ФГОУ ВПО «Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия». – № 2008131108/12 ; заявл. 28.07.2008 ; опубл. 27.08.2009.

95. Пат. 2380167 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18. Дождевальная насадка / Абезин В. Г., Карпунин В. В. ; заявитель Государственное научное учреждение Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий Российской академии сельскохозяйственных наук. – № 2008143032/12 ; заявл. 29.10.2008 ; опубл. 27.01.2010.

96. Пат. 2385192 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18. Насадка дождевального агрегата / Щедрин В. Н., Снопич Ю. Ф., Бородычев В. В. [и др.] ; заявитель Федеральное государственное научное учреждение Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации Российской академии сельскохозяйственных наук. – № 2008136611/12 ; заявл. 11.09.2008 ; опубл. 27.03.2010.

97. Пат. 2417845 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/00. Дождеобразующее устройство дождевальной машины / Ольгаренко Г. В., Турапин С. С., Липин В. Д., Шленов С. Л. ; заявитель Федеральное государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга» (ФГНУ ВНИИ «Радуга»). – № 2010105635/05 ; заявл. 18.02.2010 ; опубл. 10.05.2011.

98. Пат. 2533559 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18. Многоствольный дождевальная насадка-активатор / Абезин В. Г., Сальников А. Л., Беспалов А. Г. ; заявитель ФГБОУ ВПО «Астраханский государственный университет». – № 2013117549/05 ; заявл. 16.04.2013 ; опубл. 20.11.2014.

99. Пат. 2535310 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18. Дождевальная насадка-активатор для мобильных дождевальных машин / Семенов С. Я., Абезин В. Г., Беспалов А. Г. [и др.] ; заявитель Государственное научное учреждение Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий Российской академии сельскохозяйственных наук. – № 2013129603/05 ; заявл. 27.06.2013 ; опубл. 10.12.2014.

100. Пат. 2539513 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/26, А 01 G 25/00. Дождевальная насадка / Соловьев Д. А., Карпова О. В., Колесников Н. А. ; заявитель ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова». – № 2013133345/13 ; заявл. 17.07.2013 ; опубл. 20.01.2015.

101. Пат. 2542243 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18, В 05 В 1/26. Щелевой дождевальный насадок / Семенов С. Я., Абезин В. Г., Дубенок Н. Н., Беспалов А. Г. ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий» (ФГБНУ «ПНИИЭМТ»). – № 2013144898/05 ; заявл. 07.10.2013 ; опубл. 20.02.2015.

102. Пат. 554641 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18. Дождевальный насадок-активатор / Семенов С. Я., Абезин В. Г., Дубенок Н. Н. [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Поволжский научно-исследовательский институт эколого-мелиоративных технологий» (ФГБНУ «ПНИИЭМТ»). – № 2014107123/05 ; заявл. 25.02.2014 ; опубл. 27.06.2015.

103. Пат. 2600689 Российская Федерация, МПК А 01 G 1/04, А 01 N 63/00, С 05 F 11/08. Способ выращивания шампиньона двуспорового / Александрова Е. Г., Дулов М. И., Лазарева Т. Г. ; заявители и патентообладатели Е. Г. Александрова, М. И. Дулов, Т. Г. Лазарева. – № 2015141709/13 ; заявл. 30.09.2015 ; опубл. 27.10.2016.

104. Пат. 2616842 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/00. Дождевальная дефлекторная насадка / Русинов А. В., Слюсаренко В. В., Хизов А. В. [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова». – № 2015148965 ; заявл. 16.11.2015 ; опубл. 18.04.2017.

105. Пат. 2634127 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18. Мелкодисперсный дождевальный насадок / Абезин В. Г., Скрипкин Д. В., Абезин Д. А. ; заявитель ФГБОУ ВО «Волгоградский ГАУ». – № 2016129366 ; заявл. 18.07.2016 ; опубл. 24.10.2017.

106. Пат. 2683756 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18. Насадок кругового полива к дождевальным агрегатам / Щедрин В. Н., Васильев С. М., Домашенко Ю. Е. [и др.] ; заявитель ФГБНУ «РосНИИППМ». – № 2018112593 ; заявл. 06.04.2018 ; опубл. 01.04.2019.

107. Пат. 2749142 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18, А 01 G 25/09. Насадка короткоструйная дефлекторная / Новиков А. Е., Моторин В. А., Филимонов М. И., Дранников А. В. ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия». – № 2020136031 ; заявл. 02.11.2020 ; опубл. 07.06.2021.

108. Пат. 2753478 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18. Насадка короткоструйная дефлекторная / Новиков А. Е., Моторин В. А., Дранников А. В. ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия». – № 2020141268 ; заявл. 14.12.2020 ; опубл. 17.08.2021.

109. Пат. на полезную модель 166617 U1 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/00. Дождевальная насадка / Елисеев М. С., Загоруйко М. Г., Соловьев Д. А., Колганов Д. А.; заявитель ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова». – № 2016116573/13 ; заявл. 28.04.2016 ; опубл. 10.12.2016.

110. Пат. на полезную модель 172711 U1 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/26. Насадка короткоструйная дефлекторная / Новиков А. Е., Филимонов М. И., Константинова Т. Г. [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (ФГБНУ ВНИИОЗ). – № 2017104673 ; заявл. 13.02.2017 ; опубл. 21.07.2017.

111. Пат. на полезную модель 173276 U1 Российская Федерация, МПК В 05 В 1/18. Насадка короткоструйная дефлекторная / Новиков А. Е., Филимонов М. И., Константинова Т. Г. [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт

орошаемого земледелия» (ФГБНУ ВНИИОЗ). – № 2017112791 ; заявл. 13.02.2017 ; опубл. 21.08.2017.

112. Пат. на полезную модель 173433 U1 Российская Федерация, МПК А 01 G 25/09. Дождевальная насадка / Д. А. Соловьев, В. А. Соловьев, Р. Е. Кузнецов [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова». – № 2016146571 ; заявл. 28.11.2016 ; опубл. 28.08.2017.

113. Пат. на полезную модель 214161 U1 Российская Федерация, МПК А 01 G 9/00. Устройство для автоматизированного выращивания сельскохозяйственных культур и точного земледелия / Алексеев В. С., Азизов И. Р., Анисимов С. А. [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н. И. Вавилова». – № 2022110787 ; заявл. 21.04.2022 ; опубл. 13.10.2022.

114. Пат. на полезную модель 885 U1 Российская Федерация, МПК А 01 G 1/04. Сооружения для выращивания шампиньонов / Блажнов А. А. ; заявитель Государственный научно-исследовательский и проектный институт по созданию объектов хранения, переработки плодоовощной продукции, теплиц и сооружений искусственного климата. – № 94012648/15 ; заявл. 08.04.1994 ; опубл. 16.10.1995.

115. Пат. на полезную модель № 218218 Российская Федерация, МПК А 01 G 2/00. Устройство для автоматизированного выращивания шампиньонов / И. Р. Азизов, А. В. Русинов [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова». – № 2022131486 ; заявл. 01.12.2022 ; опубл. 16.05.2023, Бюл. № 14.

116. Перспективы развития овощеводства и грибоводства защищенного грунта Российской Федерации до 2020 года / Н. Л. Девочкина [и др.] // Картофель и овощи. – 2011. – № 5. – С. 6.

117. Промышленное грибоводство как инновационное направление экономической деятельности в сфере АПК / А. В. Солдатенко // Овощи России. – 2018. – № 3(41). – С. 89–92.

118. Результаты исследований агротехнических показателей равномерности распределения дождя струйной веерной дождевальнoй насадкой при поливе грибов / И. Р. Азизов [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 3. – С. 103–107.

119. Результаты исследований технических и качественных показателей полива дождевальнoй машины «Волга-ФК1» / Д. А. Соловьев [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 6. – С. 107–111.

120. Ресурсосберегающая климатическая установка для выращивания грибов в защищенном грунте / И. Р. Азизов [и др.] // Органическое сельское хозяйство : перспективы развития : матер. всерос. науч.-практ. конф. (с международным участием). Махачкала, 28–29 октября 2021 г. – Махачкала : Дагестанский гос. агр. ун-т им. М. М. Джембулатова, 2021. – С. 141–146.

121. Ресурсосберегающая технология возделывания и уборки сельскохозяйственных культур : учебно-методическое пособие / А. С. Старцев [и др.]. – Саратов : ООО «Амирит», 2017. – 68 с.

122. Российские производители шампиньонов бьют рекорды // Школа грибоводства [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://gribovod.ru/news/rossiiskie-proizvoditeli-sampinonov-byut-rekordy>.

123. Рыжко, Н. Ф. Совершенствование технических средств и технологии орошения в Поволжье : [монография] / Н. Ф. Рыжко. – Саратов : Саратовский источник, 2007. – 110 с.

124. Семенова, А. А. Влияние срока выращивания и яруса стеллажа на диаметр шляпки и высоту ножки шампиньона двуспорового / А. А. Семенова // Научные труды студентов Ижевской ГСХА / отв. за выпуск Н. М. Итешина. – Ижевск : Ижевская гос. с.-х. акад., 2020. – С. 229–232.

125. Система автоматического контроля и управления процессом выращивания грибов в защищенном грунте / И. Р. Азизов [и др.] // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях : матер. IX Междунар. науч.-практ. конфер. Саратов, 27–28 апреля 2022 г. – Саратов : ООО «Амирит», 2022. – С. 438–443.

126. *Старцев, А. С.* Динамические характеристики стебля подсолнечника / А. С. Старцев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2016. – № 6(62). – С. 94–98.
127. СТО АИСТ 001-2010. Агротехническая оценка сельскохозяйственной техники. Термины и определения / ФГБНУ «Росинформагротех». – М., 2013. – 60 с.
128. СТО АИСТ 11.1-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей / ФГБНУ «Росинформагротех». – М., 2012. – 54 с.
129. Съедобные грибы // Википедия – свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://ru.wikipedia.org/wiki>.
130. Теоретическое обоснование оптимальных геометрических параметров сопла струйной веерной дождевальной насадки для полива шампиньонов / И. Р. Азизов [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 4. – С. 103–108.
131. *Титова, Ю. А.* Производство шампиньона путем мультибиоконверсии отходов бикультуры шиитаке и вешенки / Ю. А. Титова // Современная микология в России : матер. 4-го Микологического форума. Москва, 14–15 апреля 2020 г. / Национальная академия микологии. – М., 2020. – С. 462–464.
132. *Хан, Г.* Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапира. – М. : Мир, 1969. – 178 с.
133. *Штеренлихт, Д. В.* Гидравлика / Д. В. Штеренлихт. – М. : КолосС, 2004. – 656 с.
134. Экспериментальное обоснование параметров форсунки-распылителя для агропромышленного комплекса / Д. М. Юмаев [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. – 2022. – Т. 14. – № 4. – С. 193–200.
135. Энергосбережение при поливе многоопорной дождевальной машиной «Волга-СМ» / Н. Ф. Рыжко [и др.] // Научная жизнь. – 2023. – Т. 18. – № 1(127). – С. 20–29.
136. *Aleksandrova, E. G.* Assessment of Yield and Quality of Double-Spore Champignon Mushrooms / E. G. Aleksandrova, V. A. Milyutkin, O. A. Blinova // BIO Web of

Conferences : International Scientific-Practical Conference “Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources” (FIES 2019). – Kazan : EDP Sciences, 2020. – P. 00040.

137. *Flegg, P. B.* Effect of Temperature on the Mushroom *Agraricus Bisporus* : a Brief Review of Twenty Years of Research / P. B. Flegg // Mushroom J. – 1980. – No. 86. – P. 65–67.

138. *Flegg, P. B.* The Water Requirement of the Mushroom Crop / P. B. Flegg // Sc. Hortic. – 1974. – No. 2(3). – P. 237–247.

139. Irrigation Manual. Planning, Development Monitoring and Evaluation of Irrigated Agriculture with Farmer Participation. – Vol. 3. Module 8. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Sub-Regional Office for East and Southern Africa (SAFR). Harare, 2001. – P. 80.

140. *Kalberer, P. P.* Influence of Casing Layer and Depth Harvesting Time on Changes of the Water Content of the Casing by the First Flush of Mushroom / P. P. Kalberer // Mushroom. J. – 1984. – No. 135. – P. 99–105.

141. *Kalberer, P. P.* Water Relations of the Mushroom Culture *Agaricus Bisporus* : Study of a Single Break / P. P. Kalberer // Sc. hortic. – 1990. – No. 41(4). – P. 277–283.

142. *Kindt, V.* Champignonsubstrat ohne tierische Exkremehte / V. Kindt // Dtsch. gartenbau. – 1965. – 12 (5). – S. 130–131.

143. *Meulepas, A.* Watergeven tijdens de teelt / A. Meulepas // Champignon cultuur. – 1988. – 32 . – S. 287–293.

144. *Wuest, P. S.* The Art and Science of Watering Peat Moss for Mushroom Casing / P. S. Wuest // Mushroom News. – 1984. – No. 32 (9). – P. 14–17.

145. *Wuest, P. S.* The Art and Science of Watering Peat Moss for Mushroom Casing / P. S. Wuest // Mushroom News. – 1986. – No. 34 (9). – P. 30–37.

146. *Wuest, P. S.* A Unitized Forced-Air Ventilation System for Mushroom Growing / P. S. Wuest, L. C. Schisler, M. E. Skhroeder // Mushroom News. – 1986. – No. 34(9). – P. 3037.



## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

**Плановый режим орошения грибов на один оборот  
при давлении перед насадкой 0,02 МПа**

Номер полива	Норма полива, л	Продолжительность полива, с	Начало полива	Конец полива
1	1,5	1:40:00	01.06.23 7:00	01.06.23 8:40
2	1,5	1:40:00	01.06.23 14:00	01.06.23 15:40
3	1,5	1:40:00	01.06.23 21:00	01.06.23 22:40
4	1,5	1:40:00	02.06.23 4:00	02.06.23 5:40
5	1,5	1:40:00	02.06.23 11:00	02.06.23 12:40
6	1,5	1:40:00	02.06.23 18:00	02.06.23 19:40
7	1,5	1:40:00	03.06.23 1:00	03.06.23 2:40
8	1,5	1:40:00	03.06.23 8:00	03.06.23 9:40
9	1,5	1:40:00	03.06.23 15:00	03.06.23 16:40
10	1,5	1:40:00	03.06.23 22:00	03.06.23 23:40
11	1,5	1:40:00	04.06.23 5:00	04.06.23 6:40
12	1,5	1:40:00	04.06.23 12:00	04.06.23 13:40
13	1,5	1:40:00	04.06.23 19:00	04.06.23 20:40
14	1,5	1:40:00	05.06.23 2:00	05.06.23 3:40
15	1,5	1:40:00	05.06.23 9:00	05.06.23 10:40
16	1,5	1:40:00	05.06.23 16:00	05.06.23 17:40
17	1,5	1:40:00	05.06.23 23:00	06.06.23 0:40
18	1,5	1:40:00	06.06.23 6:00	06.06.23 7:40
19	1,5	1:40:00	06.06.23 13:00	06.06.23 14:40
20	1,5	1:40:00	06.06.23 20:00	06.06.23 21:40
21	1,5	1:40:00	07.06.23 3:00	07.06.23 4:40
22	1,5	1:40:00	07.06.23 10:00	07.06.23 11:40
23	1,5	1:40:00	07.06.23 17:00	07.06.23 18:40
24	1,5	1:40:00	08.06.23 0:00	08.06.23 1:40
25	1,5	1:40:00	08.06.23 7:00	08.06.23 8:40
26	1,5	1:40:00	08.06.23 14:00	08.06.23 15:40
27	1,5	1:40:00	08.06.23 21:00	08.06.23 22:40
28	1,5	1:40:00	09.06.23 4:00	09.06.23 5:40
29	1,5	1:40:00	09.06.23 11:00	09.06.23 12:40
30	1,5	1:40:00	09.06.23 18:00	09.06.23 19:40
31	1,5	1:40:00	10.06.23 1:00	10.06.23 2:40
32	1,5	1:40:00	10.06.23 8:00	10.06.23 9:40
33	1,5	1:40:00	10.06.23 15:00	10.06.23 16:40
34	1,5	1:40:00	10.06.23 22:00	10.06.23 23:40
35	1,5	1:40:00	11.06.23 5:00	11.06.23 6:40
36	1,5	1:40:00	11.06.23 12:00	11.06.23 13:40
37	1,5	1:40:00	11.06.23 19:00	11.06.23 20:40
38	1,5	1:40:00	12.06.23 2:00	12.06.23 3:40
39	1,5	1:40:00	12.06.23 9:00	12.06.23 10:40
40	1,5	1:40:00	12.06.23 16:00	12.06.23 17:40

Номер полива	Норма полива, л	Продолжительность полива, с	Начало полива	Конец полива
41	1,5	1:40:00	12.06.23 23:00	13.06.23 0:40
42	1,5	1:40:00	13.06.23 6:00	13.06.23 7:40
43	1,5	1:40:00	13.06.23 13:00	13.06.23 14:40
44	1,5	1:40:00	13.06.23 20:00	13.06.23 21:40
45	1,5	1:40:00	14.06.23 3:00	14.06.23 4:40
46	1,5	1:40:00	14.06.23 10:00	14.06.23 11:40
47	1,5	1:40:00	14.06.23 17:00	14.06.23 18:40
48	1,5	1:40:00	15.06.23 0:00	15.06.23 1:40
49	1,5	1:40:00	15.06.23 7:00	15.06.23 8:40
50	1,5	1:40:00	15.06.23 12:30	15.06.23 14:10
51	1,5	1:40:00	15.06.23 18:00	15.06.23 19:40
52	1,5	1:40:00	15.06.23 23:30	16.06.23 1:10
53	1,5	1:40:00	16.06.23 5:00	16.06.23 6:40
54	1,5	1:40:00	16.06.23 10:30	16.06.23 12:10
55	1,5	1:40:00	16.06.23 16:00	16.06.23 17:40
56	1,5	1:40:00	16.06.23 21:30	16.06.23 23:10
57	1,5	1:40:00	17.06.23 3:00	17.06.23 4:40
58	1,5	1:40:00	17.06.23 8:30	17.06.23 10:10
59	1,5	1:40:00	17.06.23 14:00	17.06.23 15:40
60	1,5	1:40:00	17.06.23 19:30	17.06.23 21:10
61	1,5	1:40:00	18.06.23 1:00	18.06.23 2:40
62	1,5	1:40:00	18.06.23 6:30	18.06.23 8:10
63	1,5	1:40:00	18.06.23 12:00	18.06.23 13:40
64	1,5	1:40:00	18.06.23 17:30	18.06.23 19:10
65	1,5	1:40:00	18.06.23 23:00	19.06.23 0:40
66	1,5	1:40:00	19.06.23 4:30	19.06.23 6:10
67	1,5	1:40:00	19.06.23 10:00	19.06.23 11:40
68	1,5	1:40:00	19.06.23 15:30	19.06.23 17:10
69	1,5	1:40:00	19.06.23 21:00	19.06.23 22:40
70	1,5	1:40:00	20.06.23 2:30	20.06.23 4:10
71	1,5	1:40:00	20.06.23 8:00	20.06.23 9:40
72	1,5	1:40:00	20.06.23 13:30	20.06.23 15:10
73	1,5	1:40:00	20.06.23 19:00	20.06.23 20:40
74	1,5	1:40:00	21.06.23 0:30	21.06.23 2:10
75	1,5	1:40:00	21.06.23 6:00	21.06.23 7:40
76	1,5	1:40:00	21.06.23 11:30	21.06.23 13:10
77	1,5	1:40:00	21.06.23 17:00	21.06.23 18:40
78	1,5	1:40:00	21.06.23 22:30	22.06.23 0:10
79	1,5	1:40:00	22.06.23 4:00	22.06.23 5:40
80	1,5	1:40:00	22.06.23 9:30	22.06.23 11:10
81	1,5	1:40:00	22.06.23 15:00	22.06.23 16:40
82	1,5	1:40:00	22.06.23 20:30	22.06.23 22:10

Номер полива	Норма полива, л	Продолжительность полива, с	Начало полива	Конец полива
83	1,5	1:40:00	23.06.23 2:00	23.06.23 3:40
84	1,5	1:40:00	23.06.23 7:30	23.06.23 9:10
85	1,5	1:40:00	23.06.23 13:00	23.06.23 14:40
86	1,5	1:40:00	23.06.23 18:30	23.06.23 20:10
87	1,5	1:40:00	24.06.23 0:00	24.06.23 1:40
88	1,5	1:40:00	24.06.23 5:30	24.06.23 7:10
89	1,5	1:40:00	24.06.23 11:00	24.06.23 12:40
90	1,5	1:40:00	24.06.23 16:30	24.06.23 18:10
91	1,5	1:40:00	24.06.23 22:00	24.06.23 23:40
92	1,5	1:40:00	25.06.23 3:30	25.06.23 5:10
93	1,5	1:40:00	25.06.23 9:00	25.06.23 10:40
94	1,5	1:40:00	25.06.23 14:30	25.06.23 16:10
95	1,5	1:40:00	25.06.23 20:00	25.06.23 21:40
96	1,5	1:40:00	26.06.23 1:30	26.06.23 3:10
97	1,5	1:40:00	26.06.23 7:00	26.06.23 8:40
98	1,5	1:40:00	26.06.23 12:10	26.06.23 13:50
99	1,5	1:40:00	26.06.23 17:20	26.06.23 19:00
100	1,5	1:40:00	26.06.23 22:30	27.06.23 0:10
101	1,5	1:40:00	27.06.23 3:40	27.06.23 5:20
102	1,5	1:40:00	27.06.23 8:50	27.06.23 10:30
103	1,5	1:40:00	27.06.23 14:00	27.06.23 15:40
104	1,5	1:40:00	27.06.23 19:10	27.06.23 20:50
105	1,5	1:40:00	28.06.23 0:20	28.06.23 2:00
106	1,5	1:40:00	28.06.23 5:30	28.06.23 7:10
107	1,5	1:40:00	28.06.23 10:40	28.06.23 12:20
108	1,5	1:40:00	28.06.23 15:50	28.06.23 17:30
109	1,5	1:40:00	28.06.23 21:00	28.06.23 22:40
110	1,5	1:40:00	29.06.23 2:10	29.06.23 3:50
111	1,5	1:40:00	29.06.23 7:20	29.06.23 9:00
112	1,5	1:40:00	29.06.23 12:30	29.06.23 14:10
113	1,5	1:40:00	29.06.23 17:40	29.06.23 19:20
114	1,5	1:40:00	29.06.23 22:50	30.06.23 0:30
115	1,5	1:40:00	30.06.23 4:00	30.06.23 5:40
116	1,5	1:40:00	30.06.23 9:10	30.06.23 10:50
117	1,5	1:40:00	30.06.23 14:20	30.06.23 16:00
118	1,5	1:40:00	30.06.23 19:30	30.06.23 21:10
119	1,5	1:40:00	01.07.23 0:40	01.07.23 2:20
120	1,5	1:40:00	01.07.23 5:50	01.07.23 7:30
121	1,5	1:40:00	01.07.23 11:00	01.07.23 12:40
122	1,5	1:40:00	01.07.23 16:10	01.07.23 17:50
123	1,5	1:40:00	01.07.23 21:20	01.07.23 23:00
124	1,5	1:40:00	02.07.23 2:30	02.07.23 4:10

Номер полива	Норма полива, л	Продолжительность полива, с	Начало полива	Конец полива
125	1,5	1:40:00	02.07.23 7:40	02.07.23 9:20
126	1,5	1:40:00	02.07.23 12:50	02.07.23 14:30
127	1,5	1:40:00	02.07.23 18:00	02.07.23 19:40
128	1,5	1:40:00	02.07.23 23:10	03.07.23 0:50
129	1,5	1:40:00	03.07.23 4:20	03.07.23 6:00
130	1,5	1:40:00	03.07.23 9:30	03.07.23 11:10
131	1,5	1:40:00	03.07.23 14:40	03.07.23 16:20
132	1,5	1:40:00	03.07.23 19:50	03.07.23 21:30
133	1,5	1:40:00	04.07.23 1:00	04.07.23 2:40
134	1,5	1:40:00	04.07.23 6:10	04.07.23 7:50
135	1,5	1:40:00	04.07.23 11:20	04.07.23 13:00
136	1,5	1:40:00	04.07.23 16:30	04.07.23 18:10
137	1,5	1:40:00	04.07.23 21:40	04.07.23 23:20
138	1,5	1:40:00	05.07.23 2:50	05.07.23 4:30
139	1,5	1:40:00	05.07.23 8:00	05.07.23 9:40
140	1,5	1:40:00	05.07.23 13:10	05.07.23 14:50
141	1,5	1:40:00	05.07.23 18:00	05.07.23 19:40
142	1,5	1:40:00	05.07.23 22:50	06.07.23 0:30
143	1,5	1:40:00	06.07.23 3:40	06.07.23 5:20
144	1,5	1:40:00	06.07.23 8:30	06.07.23 10:10
145	1,5	1:40:00	06.07.23 13:20	06.07.23 15:00
146	1,5	1:40:00	06.07.23 18:10	06.07.23 19:50
147	1,5	1:40:00	06.07.23 23:00	07.07.23 0:40
148	1,5	1:40:00	07.07.23 3:50	07.07.23 5:30
149	1,5	1:40:00	07.07.23 8:40	07.07.23 10:20
150	1,5	1:40:00	07.07.23 13:30	07.07.23 15:10
151	1,5	1:40:00	07.07.23 18:20	07.07.23 20:00
152	1,5	1:40:00	07.07.23 23:10	08.07.23 0:50
153	1,5	1:40:00	08.07.23 4:00	08.07.23 5:40
154	1,5	1:40:00	08.07.23 8:50	08.07.23 10:30
155	1,5	1:40:00	08.07.23 13:40	08.07.23 15:20
156	1,5	1:40:00	08.07.23 18:30	08.07.23 20:10
157	1,5	1:40:00	08.07.23 23:20	09.07.23 1:00
158	1,5	1:40:00	09.07.23 4:10	09.07.23 5:50
159	1,5	1:40:00	09.07.23 9:00	09.07.23 10:40
160	1,5	1:40:00	09.07.23 13:50	09.07.23 15:30
161	1,5	1:40:00	09.07.23 18:40	09.07.23 20:20
162	1,5	1:40:00	09.07.23 23:30	10.07.23 1:10
163	1,5	1:40:00	10.07.23 4:20	10.07.23 6:00
164	1,5	1:40:00	10.07.23 9:10	10.07.23 10:50
165	1,5	1:40:00	10.07.23 14:00	10.07.23 15:40
166	1,5	1:40:00	10.07.23 18:50	10.07.23 20:30

Номер полива	Норма полива, л	Продолжительность полива, с	Начало полива	Конец полива
167	1,5	1:40:00	10.07.23 23:40	11.07.23 1:20
168	1,5	1:40:00	11.07.23 4:30	11.07.23 6:10
169	1,5	1:40:00	11.07.23 9:20	11.07.23 11:00
170	1,5	1:40:00	11.07.23 14:10	11.07.23 15:50
171	1,5	1:40:00	11.07.23 19:00	11.07.23 20:40
172	1,5	1:40:00	11.07.23 23:50	12.07.23 1:30
173	1,5	1:40:00	12.07.23 4:40	12.07.23 6:20

## Существующая технология выращивания и сбора шампиньонов

№ п/п	Наименование работ	Объем работ, м2	Сменная норма выработки, м2	Количество нормо-смен	Оборудование, материалы, инструменты	Часовая производительность, м2/ч	Продолжительность рабочего дня, ч	Дневная производительность, м2	Количество рабочих дней	Сезонная площадь-теплица, м2	Количество рабочих	Затраты труда, чел.ч	Тарифная ставка рабочих, руб	Фонд заработной платы, руб	Балансовая стоимость оборудования, руб	Норма амортизационных отчислений, %	Сезонная нагрузка оборудования, ч	Амортизационные отчисления, руб	Норма отчислений на ремонт оборудования, %	Затраты на ТО и ремонт, руб	Расход электроэнергии, кВт.ч	Затраты на электроэнергию, руб	Транспортные расходы, руб	Прямые эксплуатационные затраты, руб
1	Обработка и очистка помещений (культуральной камеры)	250	125	2	средства обработки, защитная одежда, индивидуальные средства защиты	17,9	8	143,2	1	143,2	2	16	1000	2000	4360	10	7	1304	10	7	0	0	57000	60310,7714
2	Эксплуатация оборудования	250	12,5	20	специальная перчатка	1,8	8	14,4	1	14,4	20	160	1000	20000	2100	10	7	8520	10	3	0	0	25623	25623
3	Полуживильной культуры (установка климатического оборудования, подготовка среды)	250	350	1	Климатическая установка	35,8	24	859,2	44	37504,8	1	24	1000	1000	1630000	10	10356	2E+05	10	5258	19008	146361,6	366619,6	
4	Распределение посевного материала	250	25	10	специальная перчатка	3,6	4	14,4	1	14,4	8	40	600	6000	2100	10	4	1932	10	2	0	0	7934	
5	Начало посева после заготовки	250	250	1	Полевая шляпа	35,8	8	286,4	12	3436,8	1	8	1000	1000	6800	10	36	762	10	8	0	0	1790	
6	Начало посева 1-й волны	250	250	1	Полевая шляпа	35,8	8	286,4	7	2004,8	1	8	1000	1000	6800	10	36	762	10	8	0	0	1790	
7	сбор и упаковка продукции 1-й волны	250	32	8	специальная перчатка	4,6	8	36,8	2	73,6	8	64	1000	8000	240	10	16	220,8	10	1	0	0	16500	24721,8
8	Начало посева 2-й волны	250	125	2	Полевая шляпа	17,9	8	143,2	6	859,2	1	16	1000	2000	6800	10	48	762	10	8	0	0	2790	
9	сбор и упаковка продукции 2-й волны	250	32	8	специальная перчатка	4,6	8	36,8	2	73,6	8	64	1000	8000	240	10	16	220,8	10	1	0	0	16900	24121,8
10	Начало посева 3-й волны	250	125	2	Полевая шляпа	17,9	8	143,2	5	716	1	16	1000	2000	6800	10	40	762	10	8	0	0	2790	
11	сбор и упаковка продукции 3-й волны	250	32	8	специальная перчатка	4,6	8	36,8	2	73,6	8	64	1000	8000	240	10	16	220,8	10	1	0	0	13700	21921,8
12	Уборка субстрата с покровным материалом	250	32	8	специальная перчатка, лопата	4,6	8	36,8	4	147,2	8	64	1000	8000	100000	10	32	9200	10	11	0	0	23000	40211
13				0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14				0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15				0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16				0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17				0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18				0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19				0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20				0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Итого:</b>				<b>71</b>							<b>64</b>			<b>67000</b>				<b>205746,2</b>		<b>5316</b>		<b>146361,6</b>	<b>126100</b>	<b>550623,8</b>

Валовой сбор основной продукции, кг	3875
Эксплуатационные затраты, руб	65953,7714
Накладные расходы, руб	68616
Затраты на грузоперевозки, руб	30000
Затраты на субстрат, руб	247000
Затраты на гербициды, руб	5309
Общие затраты, руб	902369,7714

Свободность продукции, руб/кг

252,5

## Предлагаемая технология выращивания и сбора шампиньонов

№ п/п	Наименование работ	Объем работ, м2	Сменная норма выработки, м2	Количество нормо-мен	Оборудование, материалы, инструменты	Часовая производительность, м2/ч	Продолжительность рабочего дня, ч	Дневная производительность, м2	Количество рабочих дней	Сезонная пропускная-способность, м2	Количество рабочих	Затраты труда, чел.ч	Тарифная ставка рабочих, руб	Фонд заработной платы, руб	Балансовая стоимость оборудования, руб	Норма амортизационных отчислений на трактор, комбайн, %	Загрузка оборудования на один оборот, ч	Амортизационные отчисления, руб	Норма отчисления на ремонт оборудования, %	Затраты на ТО и ремонт, руб	Расход электроэнергии, кВт.ч	Затраты на электроэнергию, руб	Транспортные расходы, руб	Прямые эксплуатационные затраты, руб
1	Обработка и очистка помещения мультимедийной камерой	250	125	2	средства опростки, защитная одежда, средства индивидуальной защиты	17,9	8	143,2	1	143,2	2	16	1000	2000	4980	10	7	1303,77	10	7		0	57000	80311
2	Закладка субстрата	250	125	20	спецодежда, перчатки	1,8	8	14,4	1	14,4	20	180	1000	20000	2100	10	7	5520	10	3		0		25523
3	ТО климатической установки, установка климатической установки	250	250	1	Климатическая установка	35,8	24	859,2	44	37804,8	1	24	1000	1000	1600000	10	1056	184000	10	5258	19008	146381,6		338620
4	Распределение порового материала	250	25	10	спецодежда, перчатки	3,6	4	14,4	1	14,4	10	40	600	6000	2100	10	16	603,75	10	1		0		6864,8
5	ТО половной установки и начало помыва	250	250	1	Полвиная установка	35,8	8	286,4	30	8592	1	8	1000	1000	85000	10	240	7475	10	72	86,4	885,28		9212,3
7	сбор и укладка продукции 1-й волны	250	32	8	спецодежда, перчатки	4,6	8	36,8	2	73,6	8	64	1000	8000	340	10	16	220,8	10	1		0	17200	25422
8	сбор и укладка продукции 2-й волны	250	32	8	спецодежда, перчатки	4,6	8	36,8	2	73,6	8	64	1000	8000	240	10	16	220,8	10	1		0	16900	25122
11	сбор и укладка продукции 3-й волны	250	32	8	спецодежда, перчатки	4,6	8	36,8	2	73,6	8	64	1000	8000	240	10	16	220,8	10	1		0	16300	24522
12	Уборка субстрата и помещений	250	32	8	спецодежда, перчатки, лопаты	4,6	8	36,8	4	147,2	8	64	1000	8000	10000	10	32	9200	10	11		0	230000	40211
13				0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14				0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15				0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16				0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17				0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18				0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19				0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20				0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Итого:</b>				<b>66</b>							<b>504</b>			<b>62000</b>								<b>147026,9</b>	<b>130400</b>	<b>633846,8</b>

Валовой сбор основной продукции, кг	4150
Валовой сбор побочной продукции, кг	0
Эксплуатационные затраты, руб	563546,8014
Накладные расходы, руб	69030
Затраты на субстрат, руб	247000
Затраты на гербициды, руб	6300
Общие затраты, руб	874876,8014

Самостоятельность продукции, руб/кг

210,9



### Качественные показатели шампиньонов

Наименования показателя	Характеристика и норма для товарного сорта		
	высшего	первого	второго
Внешний вид	Грибы целые, чистые, не мытые, здоровые, упругие, свежие на вид, без излишней внешней влажности, не замороженные, без повреждений, вызванных сельскохозяйственными вредителями, ножки подрезанные или неподрезанные, у подрезанных шампиньонов срез должен быть чистым, неподрезанные грибы могут иметь следы тепличного материала на основании ножки		
	Грибы типичные по форме и окраске для данного ботанического сорта однородные по степени зрелости		Допускаются следующие дефекты при условии, что грибы сохраняют присущие им характерные признаки качества, сохраняемости и товарный вид: дефекты формы, окраски, незначительная помятость, незначительное повреждение ножки, обесцвеченные чешуйки на шляпке, полые ножки, следы тепличного материала
	Грибы хорошо сформированные. Допускаются весьма незначительные поверхностные дефекты грибов при условии, что они не влияют на общий внешний вид, качество, сохраняемость и товарный вид продукта в упаковке	Допускаются следующие незначительные дефекты при условии, что они не влияют на общий внешний вид, качество, сохраняемость и товарный вид продукта в упаковке: незначительные дефекты формы, окраски. Незначительная помятость гриба и внутренняя влажность ножки, незначительные следы тепличного материала	
Окраска	Поверхность шляпки белая, кремовая или коричневая с различными оттенками, свойственными ботаническим сортам; мякоть шляпки на свежем разрезе белая с розовым опенком		
Запах и вкус	Характерный для свежих шампиньонов, без посторонних запаха и привкуса		
Степень зрелости	Шляпки закрытые или открытые, но не плоские. Цвет пластинок с нижней стороны шляпки бледно-розовый	Шляпки закрытые, открытые или плоские	

Категория по размеру	Диаметр шляпки, мм	Максимальная длина ножки	
		Подрезанные грибы	Неподрезанные грибы
Грибы с закрытой шляпкой, пленкой и открытые грибы			
Мелкие	15-30	1/2 диаметра шляпки	2/3 диаметра шляпки
Средние	30-50		
Крупные	Свыше 50		
Грибы с плоской шляпкой			
Мелкие	20-50	2/3 диаметра шляпки	
Крупные	Свыше 50		
<i>Примечания.</i>			
<sup>1</sup> Допускается до 10% грибов с диаметром шляпки до 45 мм. Допускается до 10% грибов с диаметром шляпки до 65 мм. Допускается до 10% грибов с диаметром шляпки до 55 мм.			

**Список химпрепаратов, разрешенных для применения в России  
на культуре шампиньона**

Действующее вещество	Название	Норма внесения, г/м	Способ обработки	Срок ожидания, сутки	Кратность обработок
<b>Против имаго грибных комариков</b>					
Малатион	Карбафос Фуфанон	0,5	Опрыскивание стен и пола	-	1
Пиримифосметил	Антеллин	0,5	Опрыскивание субстрата	25	2
Цилерметрин	Арриво Цимбуш Шерпа и т.д	0,5	Опрыскивание субстрата	25	2
<b>Против личинок грибных комариков</b>					
Дифлубензерон	Димилин	3,0	Опрыскивание субстрата	25	1-2
<b>Стимуляция плодообразования</b>					
Эпибрассинолид	Эпин	0,005	Опрыскивание субстрата	-	3

## РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



## ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 214161

**УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ  
КУЛЬТУР И ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова" (RU)*

Авторы: *Алексеев Владислав Сергеевич (RU), Азизов Илдус Раилевич (RU), Анисимов Сергей Александрович (RU), Азизов Ирек Раилевич (RU), Русинов Алексей Владимирович (RU), Горюнов Дмитрий Геннадьевич (RU), Шишкин Игорь Валерьевич (RU)*

Заявка № 2022110787

Приоритет полезной модели 21 апреля 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 13 октября 2022 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 21 апреля 2032 г.

*Руководитель Федеральной службы  
по интеллектуальной собственности*

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ  
Сертификат 68b80077e14e40f0ba94eedbd24145d5c7  
Владелец **Зубов Юрий Сергеевич**  
Действителен с 26.05.2022 по 26.05.2023

*Ю.С. Зубов*



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11)**214 161** (13) **U1**(51) МПК  
A01G 9/00 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
A01G 9/00 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022110787, 21.04.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
21.04.2022Дата регистрации:  
13.10.2022Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 21.04.2022

(45) Опубликовано: 13.10.2022 Бюл. № 29

Адрес для переписки:  
410012, г. Саратов, Театральная пл., 1, ФГБОУ  
ВО Вавиловский университет, патентный отдел

(72) Автор(ы):

Алексеев Владислав Сергеевич (RU),  
Азизов Илдус Раилевич (RU),  
Анисимов Сергей Александрович (RU),  
Азизов Ирек Раилевич (RU),  
Русинов Алексей Владимирович (RU),  
Горюнов Дмитрий Геннадьевич (RU),  
Шишкин Игорь Валерьевич (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: SU 328892 A1, 09.02.1972. RU 2758473  
C2, 28.10.2021. JP 61173720 A, 05.08.1986. WO  
2019203257 A1, 24.10.2019.(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

(57) Реферат:

Полезная модель относится к сельскому хозяйству, а именно к устройствам для точного земледелия и автоматизированного выращивания сельскохозяйственных культур как в защищенном, так и не защищенном грунте.

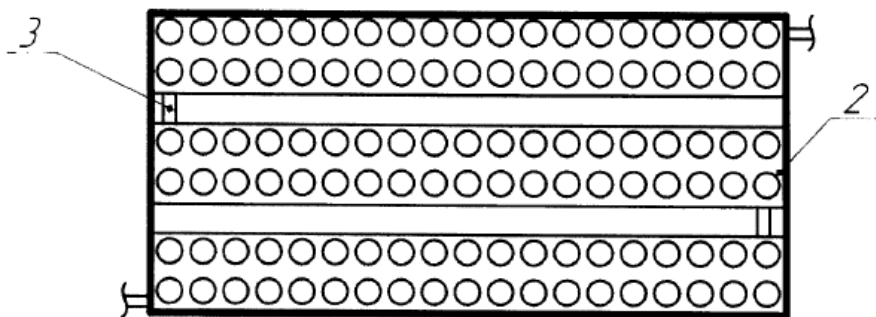
Поставленная в полезной модели задача решается в устройстве для автоматизированного выращивания сельскохозяйственных культур и точного земледелия, представляющем собой раму с управляемыми высотой, шириной и длиной, вертикальную тележку, перемещающуюся от двух шаговых двигателей с помощью троса вдоль стеллажей на роликовых опорах по направляющим, оснащенную кареткой, перемещающейся вертикально вдоль оси тележки

с помощью шагового двигателя, с закрепленной на ней телескопической стрелой с кронштейном для крепления съемных насадок, кроме того, управление всеми приводами осуществляется блоком контроллера, отличающемся тем, что рама представляет собой сварной металлический каркас стеллажного типа из вертикальных балок, на которых на определенной высоте установлены стеллажи с растениями в лотках, которые в свою очередь снабжаются питательным раствором, подаваемым с помощью насоса из резервуара, причем на уровнях стеллажей установлены осветительные приборы, спектр лучей от которых максимально приближен к оптимальному для растений естественному свету.

RU 214161 U1

RU 214161 U1

Б-Б



Фиг.3

RU 214161 U1

RU 214161 U1

RU 214 161 U1

Полезная модель относится к сельскому хозяйству, а именно к устройствам для точного земледелия и автоматизированного выращивания сельскохозяйственных культур как в защищенном, так и не защищенном грунте.

5 Известно устройство для точного земледелия и автоматизированного выращивания сельскохозяйственных культур как в защищенном, так и не защищенном грунте (заявка на изобретение США US 20210100178), состоящее из роботизированного устройства с креплением для первой рабочей головки для подачи растений в контейнеры для приема растений, содержащее первую линейную направляющую для перемещения крепления для первой рабочей головки вдоль первой оси и содержащее вторую линейную  
10 направляющую для перемещения первой линейной направляющей вместе с креплением для первой рабочей головки вдоль второй оси.

Соответственно, подача растений, в частности и после посева, осуществляется с помощью роботизированного устройства. С этой целью первая рабочая головка прикреплена, предпочтительно съемным способом, к роботизированному устройству.  
15 Съемный прием первой рабочей головки предпочтительно управляется блоком управления. Для того, чтобы иметь возможность перемещать первую рабочую головку внутри приемного барабана в желаемое место, например, одну из установок в контейнерах для приема растений, (по меньшей мере) двухосный направляющий узел или приводной узел снабжен первой линейной направляющей и второй линейной  
20 направляющей. Направляющий узел предпочтительно соединен с приводным устройством, например: электродвигателем, которое обеспечивает перемещение вдоль первой или второй оси. Приводное устройство предпочтительно управляется электронным блоком управления. Чтобы иметь возможность добраться до любого места внутри приемных контейнеров завода, электронный блок управления  
25 координирует движение первой рабочей головки роботизированного устройства с вращением приемного барабана. Для целенаправленного управления контейнерами для приема растений электронный блок управления может включать программу управления, которая будет действовать во время работы устройства для выращивания растений.

30 Недостатками известной конструкции являются конструкционные ограничения и сложность барабана, ограниченная площадь выращивания и отсутствие осветительных приборов, спектр лучей которых максимально приближен к оптимальному для растений естественному свету.

Наиболее близким к заявленному решению является устройство для выращивания растений в открытом грунте (<https://farm.bot>), робот-садовник, который может сажать и поливать растения и следить за садом. Farmbot представляет собой раму с управляемыми высотой, шириной и длиной, на которую установлено крепление со сменными насадками для посадки семян, полива и удаления сорняков. Пластиковые детали, из которых изготовлен бот, можно напечатать на 3D-принтере.

40 FarmBot Genesis выполняет различные задачи, автоматически прикрепляя различные инструменты к универсальному инструментальному креплению, в том числе инжектор для посева, дождевальную насадку и инструмент для прополки сорняков. Машина способна выпалывать посадочную область с помощью средства прополки сорняков, с помощью камеры идентифицируются сорняки путем сравнения всех растений в этой  
45 области с местоположениями посадочных семян.

Недостатком данной конструкции является малая полезная площадь для выращивания растений.

Технической задачей предлагаемой конструкции является увеличение полезных

RU 214 161 U1

площадей выращивания сельскохозяйственных культур путем применения принципа многоярусности, а также улучшение качества выращиваемой продукции за счет внедрения систем искусственного освещения осветительными приборами, спектр лучей которых максимально приближен к оптимальному для растений естественному свету.

5       Поставленная в полезной модели задача решается в устройстве для автоматизированного выращивания сельскохозяйственных культур и точного земледелия, представляющее собой раму с управляемыми высотой, шириной и длиной, вертикальную тележку, перемещающуюся от двух шаговых двигателей с помощью троса вдоль стеллажей на роликовых опорах по направляющим, оснащенную кареткой, 10 перемещающейся вертикально вдоль оси тележки с помощью шагового двигателя, с закрепленной на ней телескопической стрелой с кронштейном для крепления съемных насадок, кроме того управление всеми приводами осуществляется блоком контроллера, отличающееся тем, что рама представляет собой сварной металлический каркас стеллажного типа из вертикальных балок, на которых на определенной высоте 15 установлены стеллажи с растениями в лотках, которые в свою очередь снабжаются питательным раствором, подаваемым с помощью насоса из резервуара, причем на уровнях стеллажей установлены осветительные приборы, спектр лучей от которых максимально приближен к оптимальному для растений естественному свету.

Техническим результатом применения полезной модели является увеличение 20 производительности путем увеличения площадей выращивания и применения искусственного освещения.

Предлагаемое устройство иллюстрируется следующими фигурами. На фиг. 1 представлен общий вид устройства, на фиг. 2 представлен вид сбоку, на фиг. 3 представлен вид на лотки, на которых размещаются растения.

25       Устройство состоит из двух механизированных узлов. Первый узел представляет собой конструкцию, состоящую из сварного металлического каркаса стеллажного типа из вертикальных балок 1, на которых на определенной высоте установлены стеллажи, в свою очередь на этих стеллажах размещается лоток 2 с растениями, по которым в свою очередь, по связывающим трубам 3 протекает питательный раствор, подаваемый 30 с помощью насоса 4 из резервуара 5. Также на уровнях стеллажей установлены осветительные приборы 6, спектр лучей которых максимально приближен к оптимальному для растений естественному свету.

Второй узел представляет вертикальную тележку, установленную сбоку от первого узла 7, способную перемещаться вдоль стеллажей на специальных роликовых опорах 35 8 по специальным направляющим (рельсам). Привод тележки осуществляется с помощью двух шаговых двигателей 9, установленных рядом с роликовыми опорами, двигатели передают движение тележке с помощью троса 10, протянутого по всей длине тележки, которая путем наматывания на барабан привода осуществляет движение тележки. Также на тележке установлена каретка 11, перемещающаяся вертикально вдоль оси 40 тележки по направляющей с помощью шагового двигателя, таким образом осуществляется возможность производить работы на разных уровнях первого узла. На каретке установлены телескопическая стрела 12, способная выдвигаться и производить работы по всей площади рабочего пространства стеллажа первого узла, и привод телескопического устройства, представленный шаговым двигателем. На 45 телескопической стреле установлен кронштейн 13, на который имеется возможность установки съемных насадок, с помощью которых осуществляются непосредственно сами работы. Управление всеми приводами и агрегатами устройства выполняется электронным блоком контроллера 14 по заранее заложеной программе через ЭВМ.

RU 214 161 U1

Работает устройство следующим образом. На стеллажи устанавливаются лотки 2, в которые размещаются ростки или семена сельскохозяйственной культуры, с помощью насоса 4 из резервуара 5 в лотки 2 по трубам 3 подается питательный раствор, управление которым осуществляется блоком контроллера 14 по заранее заложенному алгоритму, искусственными осветительными приборами 6 поддерживается требуемый световой режим в процессе выращивания, далее оператор производится подготовка необходимого материала и программируется алгоритм работы устройства с помощью ЭВМ. Готовая программа работы загружается в электронный блок контроллера 14, который, управляя исполнительными механизмами, производит посадку семян, мониторинг параметров среды (температура, влажность, кислотность, визуальный мониторинг с помощью камеры с машинным зрением), сбор готового урожая. Перемещение тележки 7 относительно горизонтальной плоскости вдоль стеллажей производится с помощью двух шаговых двигателей 9, которые, наматывая на приводной барабан трос 10, приводят ее в движение. Перемещение в вертикальной плоскости производится кареткой 11 посредством шагового двигателя, который перемещает каретку 11 вдоль вертикальной оси тележки 7. Конструкция каретки позволяет с помощью одной каретки 11 обслуживать несколько стеллажей 2, в данном случае три. Переход на следующий уровень стеллажей 2 выполняется следующим образом: тележка 7 посредством шаговых двигателей 9 и троса 10 перемещается в крайнее положение первого узла, далее каретка 11, двигаясь относительно вертикально оси тележки 7, перемещается на другой уровень стеллажей 2, а далее выполняется алгоритм работы, заложенный в электронный блок управления 14. Непосредственные работы по посадке, мониторингу, сборке и т.д. выполняются специальными съемными насадками, которые устанавливаются на кронштейн 13, который в свою очередь перемещается в горизонтальной плоскости посредством выдвижения телескопической стрелы 12. Все работы автоматизированы и производятся по заранее заложенному алгоритму в электронный блок управления 14.

#### (57) Формула полезной модели

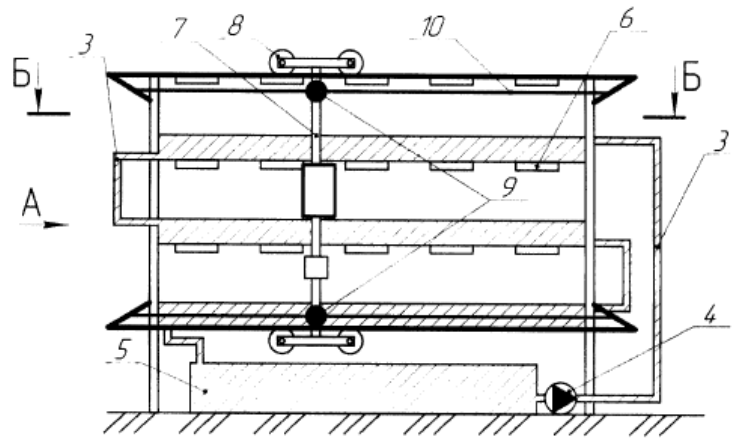
Устройство для автоматизированного выращивания сельскохозяйственных культур и точного земледелия, представляющее собой раму, вертикальную тележку, перемещающуюся от двух шаговых двигателей с помощью троса вдоль стеллажей на роликовых опорах по направляющим, оснащенную кареткой, перемещающейся вертикально вдоль оси тележки с помощью шагового двигателя, с закрепленной на ней телескопической стрелой с кронштейном для крепления съемных насадок, кроме того, управление всеми приводами осуществляется блоком контроллера, отличающееся тем, что рама представляет собой сварной металлический каркас стеллажного типа из вертикальных балок, на которых установлены стеллажи с растениями в лотках, которые в свою очередь снабжаются питательным раствором, подаваемым с помощью насоса из резервуара, причем на уровнях стеллажей установлены осветительные приборы, спектр лучей от которых максимально приближен к оптимальному для растений естественному свету.

45

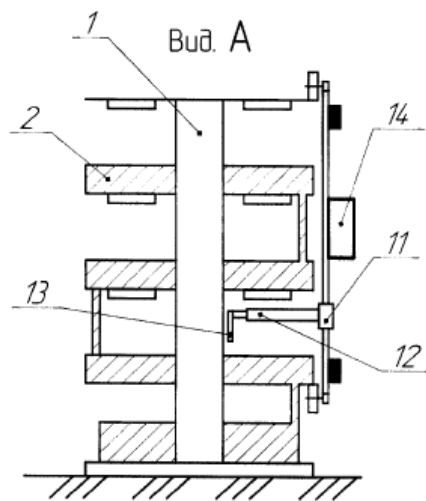


RU 214 161 U1

1



Фиг.1

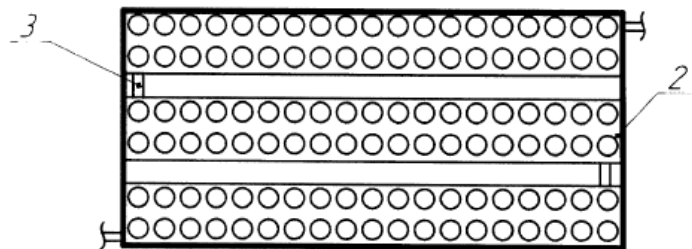


Фиг.2

2

RU 214 161 U1

Б-Б



Фиг.3

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11)**218 218** (13) **U1**(51) МПК  
A01G 2/00 (2018.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
A01G 2/00 (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2022131486, 01.12.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
01.12.2022Дата регистрации:  
16.05.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.12.2022

(45) Опубликовано: 16.05.2023 Бюл. № 14

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

(72) Автор(ы):

Азизов Ирек Раилевич (RU),  
Русинов Алексей Владимирович (RU),  
Акпасов Владимир Анатольевич (RU),  
Анисимов Сергей Александрович (RU),  
Азизов Илдус Раилевич (RU),  
Горюнов Дмитрий Геннадьевич (RU),  
Алексеев Владислав Сергеевич (RU),  
Гурьянова Алина Александровна (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 2465766 C1, 10.11.2012. RU  
2723191 C1, 09.06.2020. RU 157255 U1, 27.11.2015.  
CN 107637397 A, 30.01.2018. CN 110291937 A,  
01.10.2019.

(54) Устройство для автоматизированного выращивания шампиньонов

(57) Реферат:

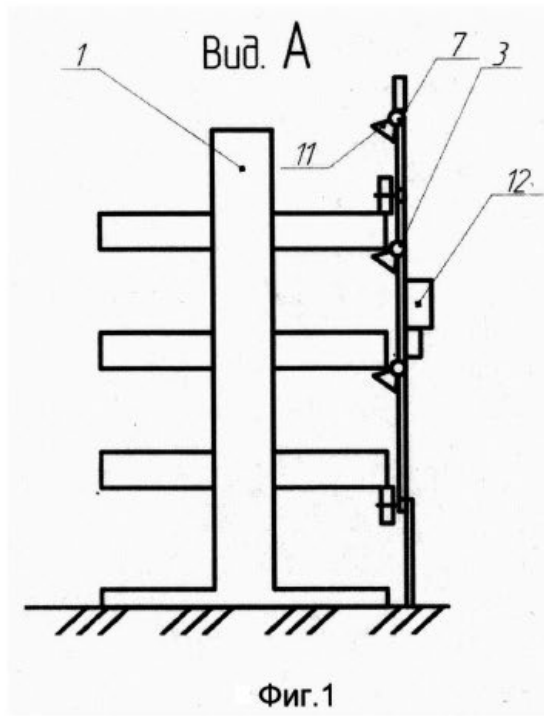
Полезная модель относится к сельскому хозяйству, а именно к производству съедобных грибов шампиньонов.

Устройство для автоматизированного выращивания грибов шампиньонов, представляющее собой сварную конструкцию стеллажного типа, на одной боковой стороне которой расположены металлические рельсовые направляющие, служащие для горизонтального перемещения боковой каретки, опирающейся посредством роликовых опор на металлические рельсовые направляющие, а движение каретки, осуществляющееся шаговым двигателем путем наматывания и сматывания троса, свободные концы которого жестко закреплены на двух противоположных концах сварной конструкции,

а на каретке смонтированы гидравлические клапана с электромагнитным приводом, регулирующим подачу поливной нормы из резервуара при помощи гидравлического насоса по гибкому трубопроводу, отличающееся тем, что устройство дополнительно снабжено дождевальной насадкой для внесения поливной нормы по всей ширине поливной площади для осуществления равномерного увлажнения субстрата и регулировки интенсивности полива на единицу площади посредством изменения скорости движения боковой каретки, исходя из показаний датчиков давления и расхода воды в соответствии с алгоритмом действий, заложенном в блоке управления.

RU 218218 U1

RU 218218 U1



RU 218218 U1

RU 218218 U1

RU 218 218 U1

Полезная модель относится к сельскому хозяйству, а именно к производству съедобных грибов шампиньонов.

Известно устройство для автоматического полива растений (заявка на изобретение (RU 2 539 854 C1). Устройство содержит емкость для поливочной жидкости и устройство 5 подачи поливочной жидкости к нескольким рядам растений и выходной шланг с подающим наконечником, который управляется программным устройством посредством привода для перемещения наконечника от одного приемного патрубка к другому, и само программное устройство с возможностью автоматического управления процессом полива растений по заданным программам, при этом к приемным патрубкам, 10 расположенным у каждого ряда растений, присоединены распределительные трубопроводы с поливочными наконечниками.

Недостатками известной конструкции является невозможность использования для процесса выращивания грибов, так как ряд конструктивных особенностей: например отсутствие дождевальных насадок, не позволяет вносить норму полива дождеванием.

15 Технической задачей разрабатываемой конструкции является применение автоматизированного внесения нормы полива методом дождевания для выращивания грибов шампиньонов.

Техническим результатом применения полезной модели является обеспечение автоматизации процесса внесения поливной нормы, что экономит воду и облегчение 20 труда работников при выращивании грибов, а также увеличение урожайности посредством автоматизации соблюдения пропорции внесения поливной нормы на разных этапах созревания гриба, ввиду того, что на разных этапах созревания плода гриба, влажность субстрата необходимо поддерживать на оптимальном уровне для конкретной стадии развития плода гриба.

25 Техническая задача решается, а технический результат достигается в устройстве для автоматизированного выращивания грибов шампиньонов, представляющим собой сварную конструкцию стеллажного типа, на одной боковой стороне которой расположены металлические рельсовые направляющие, служащие для горизонтального перемещения боковой каретки, опирающейся посредством роликовых опор на 30 металлические рельсовые направляющие, а движение каретки, осуществляются шаговым двигателем путем наматывания и сматывания троса, свободные концы которого жестко закреплены на двух противоположных концах сварной конструкции, при этом устройство дополнительно снабжено дождевальной насадкой для внесения поливной нормы по всей ширине поливной площади для осуществления равномерного увлажнения 35 субстрата и регулировки интенсивности полива на единицу площади посредством изменения скорости движения боковой каретки, исходя из показаний датчиков давления и расхода воды в соответствии с алгоритмом действий, заложенном в блоке управления.

Предлагаемое устройство иллюстрируется следующими фигурами.

40 На фиг. 1 представлен общий вид устройства: 1 - сварная конструкция стеллажного типа, 3 - боковая каретка, 7 - гидравлические клапана с электромагнитным клапаном, 11 - дождевальная насадка, 12 - блок управления.

На фиг. 2 представлен вид сбоку: 2 - металлические рельсовые направляющие, 4 - роликовые опоры, 5 - шаговый двигатель, 6 - трос, 8 - резервуар, 9 - гидравлический насос, 10 - гибкий трубопровод, 13 - датчик давления воды, 14 - датчик расхода воды.

45 Устройство для автоматизированного выращивания грибов шампиньонов представляет собой сварную конструкцию стеллажного типа 1, с одной боковой стороны которой установлены металлические рельсовые направляющие 2, служащие для горизонтального перемещения боковой каретки 3, опирающейся посредством роликовых

RU 218 218 U1

опор 4 на металлические рельсовые направляющие 2, а движение каретки осуществляется шаговым двигателем 5, путем наматывания и сматывания троса 6, свободные концы которого жестко закреплены на двух противоположных концах сварной конструкции, кроме того на каретке смонтированы гидравлические клапана с электромагнитным приводом 7, регулирующим подачу поливной нормы из резервуара 8 при помощи гидравлического насоса 9 по гибкому трубопроводу 10 через гидравлический клапан с электромагнитным приводом 7 к дождевальной насадке 11, осуществляя внесение поливной нормы, при этом управление исполнительными механизмами реализуется через блок управления 12, в который заранее заложен алгоритм действий по заранее заложенной через ЭВМ программе для принятий решений, исходя из показаний датчиков давления 13 и расхода воды 14.

Работает устройство следующим образом. На стеллажи 1 закладывается субстрат с мицелиями, далее оператор производится проверка оборудования и программируется алгоритм работы устройства с помощью ЭВМ. Готовая программа работы загружается в блок управления 12, который, управляя исполнительными механизмами, производит процесс внесения поливной нормы. Включается гидравлический насос 9 и вода перекачивается по гибкому трубопроводу 10 из резервуара 8 к гидравлическим клапанам, 7 размещенным на каретке 3. Получив данные от датчика давления 13 о достижении рабочих показаний, блок управления 12 передает команды на включение электромагнитного привода гидравлического клапана 7, после чего поливная норма поступает в дождевальную насадку 11 и производится внесение поливной нормы путем дождевания на поверхность субстрата. Исходя из алгоритма работы, блок управления 12 задает скорость перемещения каретки 3, которое осуществляется относительно горизонтальной плоскости вдоль стеллажей и производится с помощью шагового двигателя 5, который наматывая или сматывая трос 6, приводит ее в движение. После окончания рабочего цикла, блок управления 12 подает команду на выключение электромагнитных клапанов 7 и возвращение каретки 3 на стартовую позицию.

Заявляемое устройство является новым и промышленно применимым, так как может быть реализовано с использованием известных компонентов, и обеспечивает высокое качество полива.

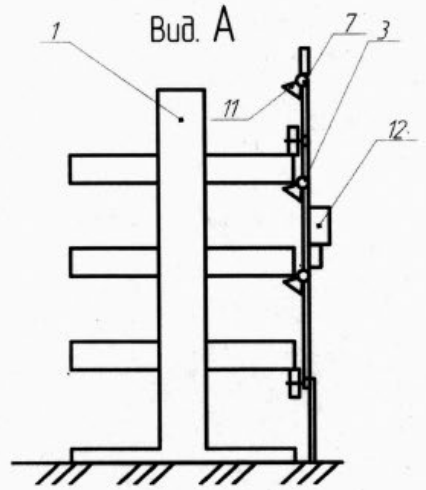
#### (57) Формула полезной модели

Устройство для автоматизированного выращивания грибов шампиньонов, представляющее собой сварную конструкцию стеллажного типа, на одной боковой стороне которой расположены металлические рельсовые направляющие, служащие для горизонтального перемещения боковой каретки, опирающейся посредством роликовых опор на металлические рельсовые направляющие, шаговый двигатель, трос, свободные концы которого жестко закреплены на двух противоположных концах сварной конструкции, выполнено с возможностью подачи поливной нормы, на каретке смонтированы гидравлические клапана с электромагнитным приводом, регулирующим подачу поливной нормы, отличающееся тем, что устройство дополнительно снабжено дождевальной насадкой для внесения поливной нормы по всей ширине поливной площади, датчиками давления и расхода воды, блоком управления.

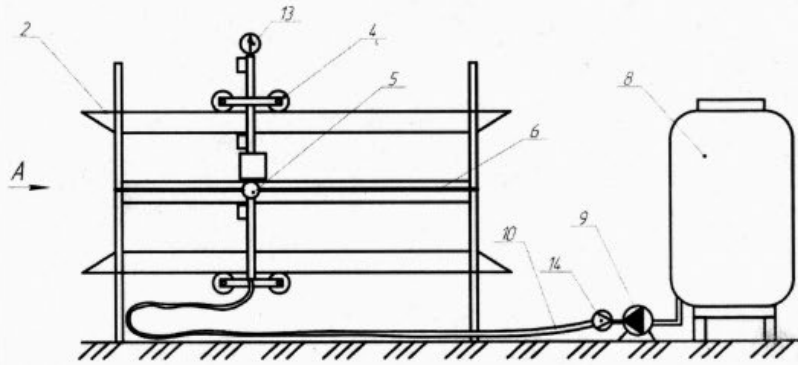
45

RU 218 218 U1

1



Фиг.1



Фиг.2

**СОГЛАСОВАНО:**

Ректор  
ФГБОУ ВО Вавиловский университет  
Д.А. Соловьев  
20 г.



**УТВЕРЖДАЮ:**

Директор ООО «САРГРИБ»

А.С. Туренков  
20 г.

**АКТ**

**о внедрении законченной научно-исследовательской  
и опытно-конструкторской работы**

Мы, ниже подписавшиеся, представители ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова» в декана факультета инженерии и природообустройства Шишурина Сергея Александровича, научного руководителя НИР, доцента кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины» Русинова Алексея Владимировича и представителя ООО «САРГРИБ» в лице директора Туренкова Александра Сергеевича, составили настоящий акт о том, что результаты научно-исследовательской работы по теме «Повышение качества полива грибов в тепличных условиях за счет применения автоматизированной установки полива», выполненных ФГБОУ ВО Вавиловский университет в 2021-2022 г.г. внедрены в грибоводческом комплексе ООО «САРГРИБ» путем непосредственного использования результатов НИР.

Основные результаты НИР:

- разработана, изготовлена и испытана новая конструкция автоматизированной установки полива со струйной веерной дождеобразующей насадкой;
- автоматизированная установка полива со струйной веерной дождеобразующей насадкой обеспечила более равномерное распределение слоя осадков по длине и ширине зоны полива, что позволило повысить коэффициент равномерности полива до 0,96. Средняя интенсивность дождя составила  $0,43 \div 0,45$  мм/мин при диаметре его капель в пределах  $0,9 \div 1,4$  мм.

Автоматизированная установка полива со струйной веерной дождеобразующей насадкой хорошо зарекомендовала себя в процессе всего периода эксплуатации, эффективно работала, выходов из строя по причине поломок не обнаружено.

От ФГБОУ ВО Вавиловский университет  
Декан факультета инженерии и  
природообустройства, д.т.н.

Шишурин С.А./

Исполнители: к.т.н., доцент

/Русинов А.В./

Аспирант

/Азизов И.Р./



От ООО «САРГРИБ»

директор

Туренков А.С./