

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова»

На правах рукописи

**Рыжко Сергей Николаевич**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ  
ФЕРМЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ  
ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И КАЧЕСТВЕННЫХ  
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЛИВА**

06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:

доктор технических наук, доцент

Соловьев Дмитрий Александрович

Саратов - 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 СОВРЕМЕННЫЕ МНОГООПОРНЫЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ .....	9
1.1 Динамика орошаемых площадей и структура техники полива в Российской Федерации и Саратовской области .....	9
1.2 Анализ конструкций современных многоопорных дождевальных машин ферменной конструкции .....	16
1.3 Анализ дождеобразующих устройств, применяемых на современных многоопорных дождевальных машинах ферменной конструкции.....	29
Выводы по главе 1.....	37
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ ФЕРМЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ...	39
2.1 Технологическая схема многоопорной дождевальной машины с двухтрубными ферменными пролётами.....	39
2.2 Обоснование технических и гидравлических параметров двухтрубных ферменных пролётов.....	42
2.3 Расчёт массы трубопровода дождевальной машины с двухтрубными ферменными пролётами.....	48
2.4 Сравнительная стоимость трубопровода дождевальной машины «Волга-ФК1».....	51
2.5 Расчёт параметров и числа дождевателей на многоопорной дождевальной машине с двухтрубными ферменными пролётами .....	52
2.6 Обоснование конструкции дождевальной насадки со съёмным дефлектором из полимерного материала и устройств приземного орошения.....	53
2.7 Обоснование конструкции дождевальной машины для внесения удобрений и хим. веществ через полиэтиленовый трубопровод.....	58
Выводы по главе 2 .....	65

3	ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	66
3.1	Программа исследований.....	66
3.2	Лабораторные исследования дождевальных насадок со съёмным дефлектором.....	67
3.3	Полевые исследования дождевальной машины «Волга-ФК1».....	73
3.4	Математическая обработка результатов исследований.....	79
4	РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ НАСАДКИ СО СЪЁМНЫМ ДЕФЛЕКТОРОМ.....	80
4.1	Расход воды дождевальной насадки со съёмным дефлектором.....	80
4.2	Радиус захвата дождём при поливе модернизированной дождевальной насадки со съёмным дефлектором.....	81
4.3	Средняя и действительная интенсивность дождя при поливе дождевальной насадкой со съёмным дефлектором. ....	85
4.4	Средний диаметр капель дождя при поливе дождевальными насадками.....	88
4.5	Устойчивость усовершенствованной дождевальной насадки в вертикальной плоскости при поливе и масса стабилизационного груза.....	93
	Выводы по главе 4 .....	94
5	РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МНОГООПОРНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ «ВОЛГА-ФК1» С ПОЛИЭТИЛЕНОВЫМ ТРУБОПРОВОДОМ.....	96

5.1 Расход воды в зависимости от давления на входе машины и возможность его регулирования.....	96
5.2 Равномерность полива дождевальной машины «Волга-ФК1»...	100
5.3 Потери воды на испарение и снос ветром при поливе ДМ «Волга-ФК1».....	105
5.4 Оценка продуктивности сельскохозяйственных культур и экономической эффективности усовершенствованных дождевальных машин.....	107
5.5 Технические характеристики и преимущества дождевальной машины «Волга-ФК1».....	111
Выводы по главе 5.....	112
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	114
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	116
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ .....	116
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	117
ПРИЛОЖЕНИЯ А Технические данные круговых ЭДМФ-П «Волга-ФК1» с полиэтиленовым трубопроводом.....	134
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Расчёт уравнения минимального диаметра капель дождя в начале радиуса захвата дождевальной насадки.....	137
ПРИЛОЖЕНИЕ В Расчёт уравнения максимального диаметра капель дождя в конце радиуса захвата дождевальной насадки.....	139
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Математические зависимости для статистической обработки значений опытов.....	142
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Патенты на полезную модель.....	146
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Протокол № 08-16П-2016 .....	154
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Акты внедрения .....	158



## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Для обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации большое значение имеет ведомственная программа развития мелиорации до 2025 г. В Саратовской области и России постоянно проводятся работы по реконструкции, техническому перевооружению и строительству новых орошаемых участков, что требует постоянной модернизации существующих и разработке более совершенных дождевальных машин (ДМ).

В настоящее время в Российской Федерации все больше внедряются многоопорные дождевальные машины ферменной конструкции «Кубань-С», «Каскад», «Казанка» и др., которые являются наиболее передовыми разработками в области мелиорации, так как отличаются высокой надёжностью и производительностью и обеспечивают круглосуточный полив в автоматическом режиме. Однако данные машины имеют большую металлоёмкость, а соответственно, повышенную глубину колеи и высокую стоимость. При внесении удобрений и химических элементов с поливной водой наблюдается коррозия трубопровода и конструктивных элементов дождевальных машин, а качественные показатели полива (интенсивность дождя, потери воды на испарение и др.) не в полной мере удовлетворяют современным требованиям сельскохозяйственного производства.

Таким образом, разработка модернизированной многоопорной дождевальной машины с полиэтиленовым трубопроводом ферменной конструкции с целью улучшения технических характеристик и повышения качества полива является актуальной научной задачей.

**Степень разработанности темы.** Вопросами совершенствования дождевальных машин (ДМ), дождеобразующих устройств и технологий орошения занимались многие ученые: Б.М. Лебедев, С.Х. Гусейн-Заде, А.И. Рязанцев, В.Ф. Носенко, К. В. Губер, Г. В. Ольгаренко, С.С. Турапин, Д.А. Соловьев, С.М. Ва-

сильев, Б.П. Фокин, Ф.К. Абдразаков, Л.А. Журавлева, Н.Ф. Рыжко, И.А. Малько, Д.А. Калганов, А.О. Антипов, А.А. Чураев, П.И. Кузнецов и др.

Анализ работ этих ученых показал, что необходима разработка технических решений с целью снижения металлоёмкости, массы и стоимости машины, увеличения срока службы и улучшения качественных показателей полива при снижении интенсивности и мощности дождя.

**Цель исследований** – разработка многоопорной дождевальной машины «Волга-ФК1» с полиэтиленовым трубопроводом более низкой массы и стоимости, при повышенных показателях качества полива, посредством совершенствования дождевальных насадок и устройств приземного орошения.

**Задачи исследований:**

- обосновать: модернизацию многоопорной дождевальной машины ферменной конструкции с использованием полиэтиленовых труб с целью снижения металлоёмкости и стоимости; конструктивные и технические параметры фермы в зависимости от модификации машины и расхода воды, а также для подачи удобрительных растворов через антикоррозийные трубы;

- провести обоснование конструктивных параметров усовершенствованных дождевальных насадок и устройств приземного орошения с целью повышения качества полива;

- провести исследования и дать оценку технических параметров и качественных показателей полива модернизированной многоопорной дождевальной машины с усовершенствованными дождевальными насадками;

- дать оценку преимуществ и экономической эффективности модернизированной многоопорной дождевальной машины.

**Научная новизна заключается в том, что:**

– теоретически обоснованы и разработаны: усовершенствованная конструкция двухтрубной фермы (со стальной и полиэтиленовой трубой), гидравлические расчёты фермы с двойным трубопроводом, а также дождевальная насадка со съёмным дефлектором для повышения качества полива;

- обоснована конструкция многоопорной дождевальной машины и технологический процесс внесения удобрений только через полиэтиленовые трубы;

- уточнены математические зависимости технологического процесса полива усовершенствованной дождевальной машины и дождевателей в зависимости от технических параметров и метеорологических факторов.

**Методика исследований.** В работе использовались теоретические методы исследований: математическое моделирование, системный анализ, описание технологических процессов на основе известных законов и методов классической механики и математического анализа. Экспериментальные методы включали полевые исследования по изучению агротехнических, энергетических и технических характеристик полива ДМ «Волга-ФК1».

**Практическая ценность** выполненных исследований заключается в сохранении и сбережении ресурсов при разработке дождевальной машины «Волга-ФК1» на основе новых технических и конструктивных решений.

Предложены для практического применения дождевальные насадки усовершенствованной конструкции и технология приземного орошения. Дождевальная машина «Волга-ФК1» прошла сертификационные испытания с участием Поволжской МИС (Протокол испытаний № 08-78С-2020) и получен сертификат соответствия на её серийное производство (№ 0180578).

**Положения, выносимые на защиту:**

- теоретические основы: совершенствования ферменных пролётов; гидравлических расчётов ферм с двойным трубопроводом и повышения качества полива дождевателей;

- конструкции ферменных пролётов с полиэтиленовым трубопроводом и параметры дождевателей;

- математические зависимости, определяющие качественные показатели полива усовершенствованных дождевателей и машин в зависимости от конструктивно-технологических параметров;

- результаты лабораторных и полевых исследований ДМ «Волга-ФК1» с изменённой конструкцией ферменных пролётов и дождевателей;

- результаты оценки экономической эффективности усовершенствованной ДМ «Волга-ФК1» с полиэтиленовым трубопроводом.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Подтверждается достаточным объёмом опытных данных, полученных с соблюдением необходимого числа повторений, использованием методов статистического анализа и обработки опытных данных.

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на ежегодных научных конференциях профессорско-преподавательского состава в Саратовском ГАУ (2015-2021), на Международной научно-технической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ, г. Тверь (2016, 2017), на Международной научно-технической конференции ФГБНУ «РосНИИПМ», г. Новочеркасск (2016), на Международной научно-практической конференции ФГБНУ «ВолжНИИГиМ», г. Энгельс (2016), на Международной научно-технической конференции ВНИИ «Радуга», г. Коломна (2016), на Международных научно-практических конференциях во ВНИИОЗ, г. Волгоград (2017) и ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова, г. Москва (2018).

**Реализация результатов исследований.** Дождевальная машина «Волга-ФК1» внедрена в ОПХ «ВолжНИИГиМ» Саратовской области. Элементы и технические решения данной работы были внедрены в ООО «Лидер» с. Ленинское Волгоградской области, в ООО «Березовское» Энгельсского района и в ООО «Наше дело» г. Маркса Саратовской области.

**Публикации.** По теме работы опубликовано 27 научных трудов, 9 из которых в изданиях, рекомендованных ВАК РФ и 7 патентов на полезную модель.

**Структура и объём работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и рекомендаций производству, списка литературы и приложений. Общий объём составляет 161 страницу компьютерного текста. Основной текст изложен на 132 страницах, содержит 37 таблиц и 49 рисунков. Список используемой литературы включает 153 наименования, в том числе 18 на иностранном языке.

# 1 СОВРЕМЕННЫЕ МНОГООПОРНЫЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

## 1.1 Динамика орошаемых площадей и структура техники полива в Российской Федерации и Саратовской области

Орошение является важным фактором роста сельскохозяйственного производства [98], повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, роста доходности и стабилизации экономических показателей сельхозтоваропроизводителей.

В Российской Федерации к 1990 г. имелось 6,1 млн. га орошаемых земель [93]. Мелиорированные земли, занимая 5 % земельных угодий, давали до 15% валового производства продукции растениеводства. При этом в стоимостном выражении отдача орошаемого гектара была в 1,5-4,0 раза выше, чем богарного [3].

По данным Государственного комитета Российской Федерации [3] по земельным ресурсам и землеустройству, общая площадь орошаемых земель на 01.01.2000 г. составила около 4,5 млн. га (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Распределение орошаемых земель по регионам Российской Федерации

Регион	Площадь орошаемых земель, тыс. га
Россия	4547,2
Северо-Кавказский район	1705,0
Поволжье	1161,5
Нечерноземная зона	484,0
Уральский район	332,9
Прочие районы	863,8

На начало 2019 г. площадь орошаемых земель составляет 4,68 млн. га, из которых использовались 3,89 млн. га [3]. Около 80 % всех оросительных систем Российской Федерации было построено до перестройки. В результате

оросительные системы на площади 2,5 млн. гектаров требуют комплексной реконструкции, и на площади 1,9 млн. гектаров капитального ремонта.

Парк дождевальных машин в 1990 г. составлял 80 217 ед. (таблица 1.2). На долю широкозахватных ДМ «Фрегат», «Волжанка», «Днепр» и «Кубань» [62] приходилось 61,5 % (49408 ед.) всего парка дождевальных машин [93].

Таблица 1.2 – Динамика парка дождевальных машин и его структура в России

Показатели	Г о д ы				
	1990	2001	2005	2016	2019
Наличие ДМ, ед.	80217	29620	20049	10959	11826
в том числе: «Фрегат»	19160	11182	8364	2966	2772
«Волжанка»	25931	5658	3605	513	550
«Днепр»	3425	972	568	34	18
«Кубань»	892	389	192	47	113
ДДА-100М	14000	3792	2823	513	634
Прочие	16809	7627	5157	1432	1090
Иностранная техника	-	-	400	2414	3459

К 2001 г. в России общее количество дождевальных машин уменьшилось до 29 тыс. ед. из 47 тыс. ед., предусмотренных проектами. В структуре парка на долю дождевальных машин «Фрегат» приходилось 37,7 %, «Кубань» – 1,3 %, ДДА-100МА (100В) – 12,8 %, «Волжанка» – 19,1 %. Прочая техника (19,6 %) – это техника морально устаревшая, произведённая в 60-70 годах.

В 2016 г. численность парка ДМ сократилась до 10959 ед., в том числе: «Фрегат» - 2966 ед.; «Кубань» - 47 ед.; ДДА-100МА – 513 ед.; «Волжанка» - 513 ед.; «Днепр» - 34 ед., прочая- 1432 ед. [1]. Иностранная дождевальная техника увеличилась до 2414 ед. (круговые - 839 ед., фронтальные - 113 ед., шланго-барабанные - 951 ед., прочие - 551 ед.). Было смонтировано 2152 ед. капельного орошения на площади 75 тыс. гектар.

В последние годы производство дождевальных машин ферменной конструкции налажено: на Казанском заводе (более 160 ДМ «Казанка» за последние три года), в ООО «БСГ» (порядка 40 ДМ «Кубань»), в ООО «Ме-

лиомаш» (10 ДМ «Каскад»). Выпущено небольшое количество ДМ «Орсис», «Ахтуба» и др. Доля многоопорных дождевальных машин ферменной конструкции пока небольшая, порядка 5,6 %. Доля многоопорных дождевальных машин («Фрегат», «Кубань» и др.) остается высокая (41,1 %), которые поливают более 60% орошаемых земель. Для сравнения, в США на многоопорные машины приходится 65% от всего парка дождевальных машин.

Динамика численности поливной техники в Саратовской области за период с 1966 по 2022 гг. приведена в таблице 1.3 [31, 97] и на рисунках 1.1 и 1.2.

Таблица 1.3 – Динамика численного состава технических средств полива в Саратовской области

Показатели	Г о д ы						
	1966	1976	1987	1990	2007	2016	2022
Площадь орошаемых земель, га	32	309,0	481,4	453,5	257,3	263	263
Наличие дождевальных машин, ед.	385	5421	7907	6085	2747	1700	918
в том числе:							
«Фрегат»	-	1843	2714	2996	2162	1396	203
«Волжанка»	-	2710	3893	2445	458	68	1
«Днепр»	-	215	309	456	58	10	17
«Кубань»	-	-	-	3	-	-	6
ДДА-100М	124	542	835	-	56	16	17
ДДН-45, ДДН-70	248	-	156	-	13	-	-
Прочие	13	111		185	-		22
Иностранная техника						200	652

До 1970 г. (1 этап развития орошения) в области использовалась поливная техника, полив которых характеризовался большой интенсивностью и крупностью капель дождя, такие машины как ДДА-100М и ДДН-45, ДДН-70 [98, 62].

В начале 70-х годов в Саратовской области начался новый, 2 этап орошения, с использованием многоопорных дождевальных машин «Фрегат», «Волжанка» и «Днепр».

С 1980 г. вводятся в эксплуатацию машины типа «Кубань». Начался 3 этап развития орошения. В 1987 г. площадь орошаемых земель составляла 481,4 тыс. га, а для полива использовалось 7,9 тыс. дождевальных машин,

причем суммарная доля многоопорных машин составила 87,4 %, в том числе, «Фрегат» – 34,3 %, «Волжанка» – 49,2 %, «Днепр» – 3,9 %.

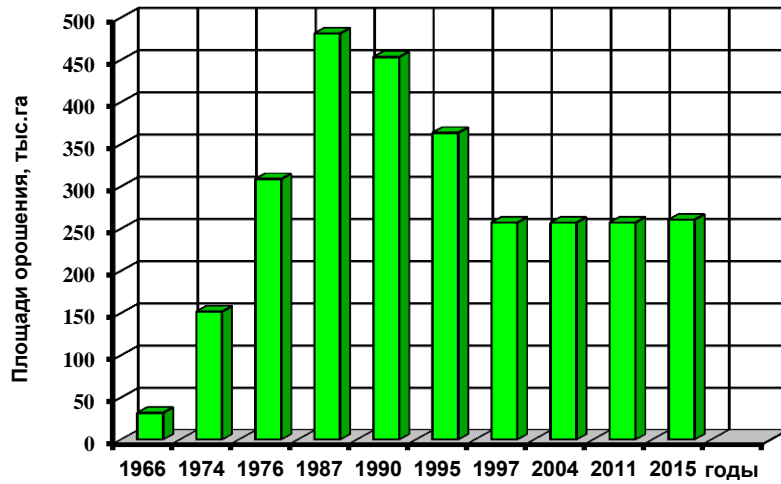


Рисунок 1.1 - Динамика изменения площади орошаемых земель в Саратовской области

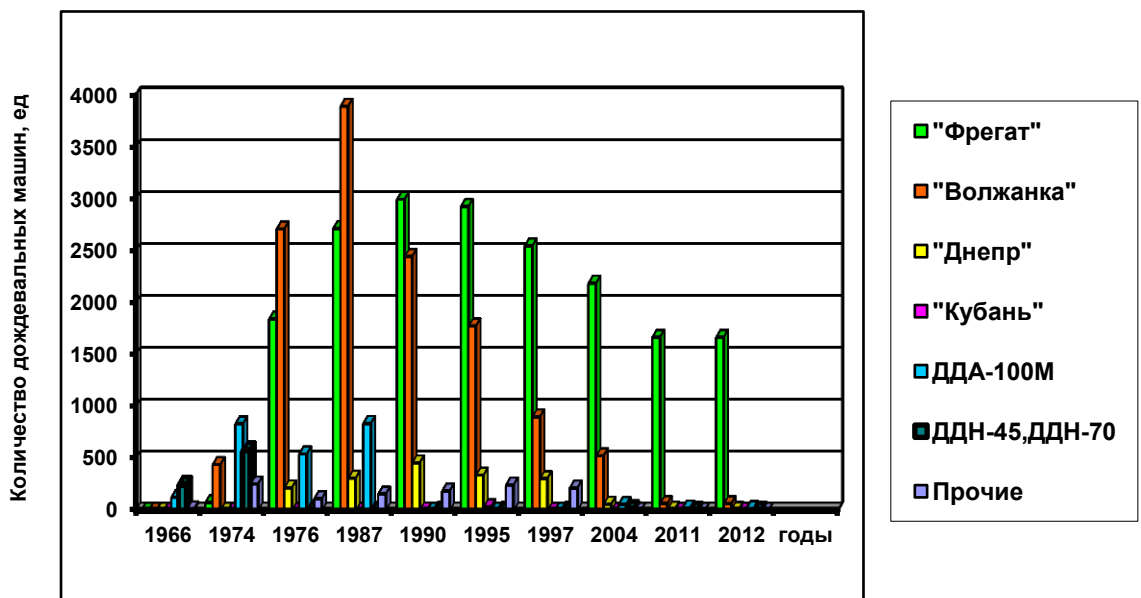


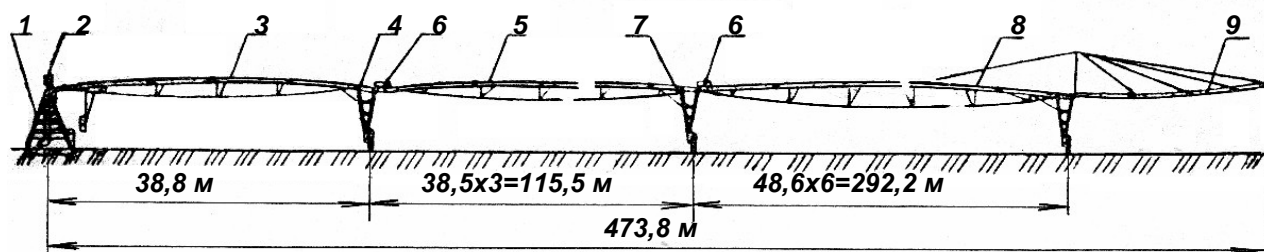
Рисунок 1.2 - Изменение структуры парка техники полива в Саратовской области



С началом перестройки объём ввода орошаемых земель и поставки новых дождевальных машин сначала уменьшались, а затем вообще прекратились. Наступил период постепенного сокращения численности дождевальных машин. За последние годы резко сократилось число дождевальных машин типа «Волжанка», «Днепр», это связано с тем, что водопроводящий трубопровод и гидранты, изготовленные из цветного металла (алюминиевого сплава) подверглись хищению.

За этот период количество ДМ «Фрегат» сократилось с 2996 до 203 ед. [98]. Доля многоопорных дождевальных машин в Саратовской области постоянно растёт и составляет более 80% за счёт ввода в эксплуатацию в основном иностранных дождевальных машин (Zimmatic - 350 шт., Valley - 194 шт., T-L - 57 шт.). Иностранные дождевальные машины заменяют в основном «Фрегаты». Всего в Саратовской области в 2022 г. насчитывается более 600 единиц иностранных многоопорных дождевальных машин.

Дождевальные машины 3-го поколения типа ЭДМФ «Кубань-ЛК» (рисунок 1.3) изготавливались на Кропоткинском машиностроительном заводе «Радуга» [95, 97, 57, 113].



1-опора неподвижная; 2-установка системы управления электроприводом машины; 3-ферма головная; 4 и 7-тележка опорная; 5-ферма; 6-муфта; 8-ферма предконсольная; 9-консоль

Рисунок 1.3 – Машина дождевальная электрифицированная ферменная «Кубань-ЛК1» кругового действия

Технические характеристики этих машин приведены в таблице 1.4. В настоящее время ввиду отсутствия стабильных заказов завод частично переоборудован и выпускает небольшие партии запасных частей для сельхозтоваропроизводителей.

В последние годы оросительные системы Российской Федерации значительно пополнились также многоопорными дождевальными машинами зарубежных фирм (Zimmatic, Bauer, Valley и др.) [66-73].

Многоопорная дождевальная машина ферменной конструкции «Кубань-ЛК» остается достаточно востребованной в настоящее время. Выпуск аналогичной машины «Кубань-С» налажен в ООО «БСГ», г. Тольятти [31, 94].

Таблица 1.4– Техническая характеристика дождевальных машин  
ЭДМФ «Кубань-ЛК» кругового действия

Наименование машины	Число тележек, ед.	Длина машины, м	Расход воды, л/с / требуемое давление, МПа	Орошаемая площадь, га	(Слой осадков за проход, мм) / минимальное время оборота, ч.	Масса машины, т
Кубань-ЛК	13	558,7	90/0,43	101,5	(9,5-95)/32,7	26,2
Кубань-ЛК	12	550,2	82/0,39	92,5	(9,7-97)/30,4	24,4
Кубань-ЛК	11	511,7	75/0,36	85,4	(8,9-89)/28,2	22,7
Кубань-ЛК	10	473,2	70/0,35	73,3	(9,1-91)/26,0	21,0
Кубань-ЛК	9	434,7	65/0,33	62,0	(8,9-89)/23,7	19,3
Кубань-ЛК	8	396,2	55/0,31	51,8	(8,5-85)/21,5	17,6
Кубань-ЛК	7	357,7	45/0,28	42,4	(7,3-73)/19,3	15,9
Кубань-ЛК	6	309,0	30//0,25	31,9	(6,7-67)/16,4	13,7
Кубань-ЛК	5	260,3	25/0,24	22,9	(5,4-54)/13,6	11,6
Кубань-ЛК	4	211,6	20/0,24	15,4	(5,3-53)/10,8	9,4
Фермер	2	125,0	5, 10/0,2	15,3 (5,1)		5,8
Кубань-ЛК1	3	173,0	9, 18/0,2	28,8 (9,6)		7,6
Мини Кубань-К	1	95,0	7/0,2	3,0	(13-130)/15	3,0

К преимуществам ЭДМФ «Кубань-ЛК» относятся:

- высокая надёжность и автоматизация полива (некоторые орошаемые участки полностью автоматизированы и управляются от диспетчерского пункта, ООО «Райгород», Волгоградская область);

- низкая энергоёмкость полива (рабочий напор на входе дождевальной машины с электроприводом обычно составляет 0,25-0,35 МПа [31, 94, 113], для машины Т-Л – 0,2 МПа).

В то же время основные агротехнические показатели полива (мощность дождя, интенсивность дождя и др.) остаются на недостаточном уровне, т.к. дождеватели в основном монтируются вдоль трубопровода в линию. Чтобы исключить сток и эрозию почвы, норма полива должна составлять 200-300 м<sup>3</sup>/га, а число поливов за сезон должно составлять 10-15 шт. В начальный период эксплуатации машины (при высокой надёжности работы) это приемлемо, однако с увеличением срока службы возможны срывы поливов т.к. надёжность работы машины снижается [31].

Образование на поле после поливов глубокой (до 0,3 м) и широкой колеи, что особенно опасно при выращивании многолетних сельскохозяйственных культур (люцерна 3-4 года), приводит к остановке опорных тележек и поломке машины [31, 113-115]. Поэтому применение дождевателей улучшенной конструкции, разработка мер по повышению проходимости машины и уменьшению колееобразования являются в настоящее время актуальными.

Трубы, поставляемые зарубежными производителями [31, 94], имеют небольшую толщину цинкового покрытия, и их срок службы составляет 10-15 лет, (первые отказы зарубежных оцинкованных трубопроводов зафиксированы в Краснодарском крае в 2015 г.). В то же время срок службы оцинкованного трубопровода отечественного производства составляет 20-35 лет.

Анализ парка техники полива в России показал, что доля современных дождевальных машин ферменной конструкции («Кубань-С», «Казанка», «Каскад») составляют всего 5,6 %. Востребованность в таких машинах высока, однако ввиду небольшой продолжительности времени от начала россий-

ского производства, а также от демпирования и агрессивности иностранных фирм пополнение идёт за счёт зарубежных машин типа Valley, Zimmatic, Reinke и др. [31, 94]. Поэтому расширение производства требуемого количества дождевальных машин ферменной конструкции в России и совершенствование их конструкции является актуальной задачей.

## **1.2 Анализ конструкций современных многоопорных дождевальных машин ферменной конструкции**

Анализ конструкции пролётов отечественных и иностранных ДМ [31, 94] ферменной конструкции показывает, что они отличаются:

- диаметром и длиной водопроводящих труб, длиной пролётов;
- числом раскосов и их креплением к трубам;
- конструкцией растяжек (шпренгелей);
- конструкцией узла гибкого соединения между пролётами машины;
- конструкцией узла слежения за прямолинейностью машины;
- типом покрытия труб и др.

Длина пролёта определяется диаметром труб, чтобы обеспечить допустимую весовую нагрузку на колёса тележек (таблица 1.5). На дождевальных машинах Вауег в качестве водопроводящего трубопровода используются трубы диаметром: 5 ¼ дюйма (133 мм), 6 5/8 дюйма (168 мм), 8 дюймов (203 мм) и 8 5/8 дюйма (219 мм).

Длина пролётов дождевальных машин Valley изменяется от 32,2 до 62,5 м. На машинах используются трубы 168 мм (6 5/8 дюйма), 203 мм (8 дюймов), 219 мм (8 5/8 дюйма) и 254 мм (10 дюймов).

На электрифицированных дождевальных машинах «Фрегат» (производитель - Украина) используются трубы диаметром 168 и 219 мм с толщиной стенки 3 мм и 4 мм.

Длина пролётов для труб диаметром 168 мм составляет: 59,80; 53,95; 48,14 и 42,25 м, а для труб диаметром 219 мм – 48,14 и 42,25 м.

Таблица 1.5 – Зависимость длины труб пролётов от их диаметра для ДМ Centerstar 4000 различной модификации

Centerstar 4000	Модификация машины						
	133E	168E	168E	203E	203E	219E	219E
Диаметр труб, мм	133	168		203		219	
Длина секции, м	59,8-54-48,1-42,3			54-48,1-42,3		48,1-42,3	
Длина консоли, м	23,4-17,6-11,7-5,9						
Высота от земли до нижней точки фермы, м	3,1	3,9	3,1	3,9	3,1	3,9	
Колёсная база, м	4,3	5,2	4,3	5,7	4,3	5,2	

На дождевальных машинах «Кубань-ЛК» для водопроводящего трубопровода используются трубы: диаметром 203 мм, длина пролёта – 38,5 м и диаметром 168 мм, длина пролёта составляет 48,6 м. Длина труб, из которых монтируются ферменные пролёты ЭДМФ «Кубань-ЛК», составляет 7,3 и 10,4 м.

На дождевальных машинах Zimmatic используются трубы диаметром 141 мм (5 9/16 дюйма), 168 мм (6 5/8 дюйма), 203 мм (8 дюймов) и 254 мм (10 дюймов) [67].

На ЭДМФ «Фрегат» (Украина) и Bauer используются трубы длиной 5,9 м, на Zimmatic – 6,7 и 13,7 м, на T-L – 6 и 12 м [31, 73].

На современных дождевальных машинах ферменной конструкции для изготовления водопроводящего трубопровода (рисунок 1.4) используются трубы, из различных материалов и покрытием:

- с горячим цинковым (на ЭДМФ «Кубань-ЛК») или гальваническим покрытием;
- из нержавеющей стали или алюминия (Zimmatic) [67];
- с внутренним полимерным покрытием (на Bauer используется полиэтилен высокой плотности – 4,0/4,9 мм) [73].



Рисунок 1.4 - Классификация материала труб, используемых для производства ферменных пролётов дождевальных машин

Мы предлагаем на современных машинах ферменной конструкции использовать фермы с двумя трубопроводами: стальным и полиэтиленовым (патенты № 160893, 2535153) [82], по принципу, как на ДМ «Волга-СМ».

Аналитический обзор отечественных и иностранных дождевальных машин ферменной конструкции показывает, что ферменные пролёты современных дождевальных машин выполнены в виде конструкции двух типов. На современных иностранных дождевальных машинах: ЭДМФ «Фрегат» (Украина) и Bauer в основном применяются растяжки, которые жестко, при помощи болтов, соединены с сводопроводящими трубами и раскосами (таблица 1.6, п.1 и 2). Такое соединение растяжек более технологично.

На машине типа «Кубань-ЛК» крайние растяжки имеют резьбу, которая обеспечивает предварительное напряжение фермы, а промежуточные растяжки имеют кованые наконечники как на Zimmatic, Western и Valley. Кованые наконечники растяжек фиксируются пластинами (таблица 1.6, п. 3).

Гибкое подвижное соединение опор дает возможность преодолевать неровности поля. Это достигается за счёт использования прочного шарового шарнира (Bauer, Valley, ЭДМФ «Фрегат», таблица 1.6, п.4) или прочного


кольца (таблица 1.6, п. 5), которое четырьмя кронштейнами соединено с трубами трубопровода (Zimmatic, Western, ЭДМФ «Кубань-С»). Кольцевой шарнир обеспечивает гибкость на уклонах поля до 30 %.

На дождевальная машина Reinke используется замковое соединение, которое монтируется внутри трубопровода машины (таблица 1.6, п.6).

Манжеты гибкого соединения выполнены из специального материала (таблица 1.6, п.8), стойкого к ультрафиолетовому излучению, или из резиновой манжеты, которая закрыта специальным кожухом (таблица 1.6, п.9, ЭДМФ «Кубань-ЛК1»).

Раскосы ферм обычно выполнены из уголков 45х45х5 мм. Расстояние между раскосами обычно составляет 5,9-6,9 м (таблица 1.6, п. 10-13).

Таблица 1.6 – Сравнительные характеристики ферм различных дождевальных машин






Марка машины	Характеристика узла и детали фермы	Узел машины
1	2	3
<b>Крепление растяжек на ферме</b>		
1	ЭДМФ «Фрегат» Растяжки жестко, при помощи болтов, соединены с раскосами и водопроводящими трубами	
2	Bauer Растяжки жестко, при помощи болтов, соединены с раскосами и водопроводящими трубами	
3	ЭДМФ «Кубань-ЛК1» Растяжки имеют кованые наконечники	

продолжение таблицы 1.6





	1	2	3
<b>Гибкое подвижное соединение ферм</b>			
4	Bauer Valley  ЭДМФ «Фрегат», «Кубань-ЛК1»	Выполнено в виде прочного шарового шарнира	
5	Zimmatic Western  ЭДМФ «Кубань-С»	Выполнено в виде прочного шарового кольца, которое соединено с трубами трубопровода с помощью четырех кронштейнов	
6	Reinke	Замковое соединение, которое монтируется внутри трубопровода машины	
<b>Гибкое соединение труб ферм</b>			
7	ЭДМФ «Кубань-ЛК»	С помощью резиновой манжеты, которая закрыта специальным кожухом	
8	Zimmatic	Прорезиненный рукав, закрепленный хомутами	



продолжение таблицы 1.6

	1	2	3
9	ЭДМФ «Фрегат».	Резиновая манжета в кожухе	
<b>Расположение раскосов на ферме</b>			
10	Bauer	Симметричное расположение раскосов фермы	
11	T-L	Угловое расположение раскосов фермы:	
12	Bauer Reinke  ЭДМФ «Фрегат»	Угловое-симметричное относительно болта крепления растяжек	
13	ЭДМФ «Кубань-ЛК1» T-L	Угловое и перпендикулярное расположение	

продолжение таблицы 1.6

1	2	3
<b>Соединение уголков тележки с водопроводящей трубой</b>		
14	Western Reinke	Соединяются только с короткой водопроводящей трубой
		
15	ЭДМФ «Кубань-ЛК1»	Соединяются с длинной водопроводящей трубой
16	Zimmatic, Bauer	Соединяются одновременно с длинной и короткой трубой
		
<b>Соединение раскосов с трубопроводом</b>		
17	Zimmatic Bauer ЭДМФ «Фрегат»	С помощью приваренного уголка 80x80 мм
		
18	ЭДМФ «Кубань-ЛК1»	С помощью фигурного кронштейна
19	Western	С помощью приваренного листового кронштейна
		

продолжение таблицы 1.6

1	2	3
<b>Конструкция узла регулирования прямолинейности хода машины</b>		
20	ЭДМФ «Кубань-ЛК»	Поводковая система
21	Western	Поводковая система
22	Zimmatic	Поводковая система
23	Bauer	Тросовая система на пролёте
24	ЭДМФ «Фрегат»	Тросовая система, кото- рая монтируется вдоль всего трубопровода



По расположению раскосов различают:

– угловое-симметричное (таблица 1.6, п. 10) относительно болта крепления растяжек (Bauer, Reinke, ЭДМФ «Фрегат»). Фланцы труб расположены между раскосами;

– угловое и перпендикулярное расположение (по типу ДМ «Кубань-ЛК» и T-L). Раскосы монтируются как посередине, так и возле фланцев труб (таблица 1.6).

Уголки тележки вверху могут соединяться только с короткой водопроводящей трубой (Western и Reinke, таблица 1.6) или одновременно с длинной и короткой трубой (Zimmatic, Bauer и др.).

Соединение раскосов с трубопроводом осуществляется через приваренный уголок 80x80 мм. Таким образом, выполнено соединение раскосов с трубопроводом на таких дождевальных машинах, как Zimmatic, Bauer и ЭДМФ «Фрегат» (таблица 1.6). Так же раскосы могут соединяться с трубопроводом машины через фигурный кронштейн (ДМ «Кубань-ЛК1») или приваренный листовой кронштейн (Western, таблица 1.6).

По конструкции узла регулирования прямолинейности хода машины различают (таблица 1.6):

– поводковую систему, которая применяется на машинах «Кубань-ЛК1», Zimmatic и Western;

– тросовую систему на пролёте, которая применяется на ДМ Bauer;

– тросовую систему, которая монтируется вдоль всего трубопровода ЭДМФ «Фрегат».

Количество раскосов, устанавливаемых на пролётах в зависимости от его длины и типа машин, изменяется от 5 штук как на ЭДМФ «Кубань-ЛК1», длина пролёта которой составляет 38,5 м, до 9 штук – ЭДМФ «Фрегат» (Украина), длина пролёта составляет 60 м (таблица 1.7).

В зависимости от количества раскосов, средняя длина трубы между раскосами изменяется от 5,6 до 6,9 м. За счёт уменьшения количества раскосов

снижается металлоёмкость фермы. Лучшие результаты имеют ЭДМФ «Кубань-ЛК1» у которой шесть раскосов на пролёте длиной 48,6 м, средняя длина трубы между раскосами составляет 6,94 м и Bauer: пролёте длиной 55,2 м семь раскосов и средняя длина трубы между раскосами – 6,9 м.

Аналитический обзор конструкций ферм современных многоопорных дождевальных машин показал, что дождевальная машина «Кубань-ЛК1» имеет одни из лучших показателей по металлоёмкости ферм. Однако кованые наконечники недостаточно технологичны в изготовлении, также недостаточная длина ферменных пролётов.

Таблица 1.7 – Технические характеристики ферменных пролётов дождевальных машин различных фирм

Марка машины	Длина пролёта, м	Диаметр трубы, мм	Длина, м - количество труб на пролёте, шт.	Кол-во раскосов, шт.	Средняя длина трубы между раскосами, м
Кубань-ЛК	38,5	203	10,3 - 3; 7,3 - 1	5	6,41
Кубань-ЛК	48,6	168	10,3 - 4; 7,3 - 1	6	6,94
Фрегат (Украина)	60	168	6 - 10	9	6,0
T-L	54	168	12 - 4; 6 - 1	8	6,0
Valley	56	168	10,8 - 5	9	5,6
Ziimatic	54	168	6,75 - 8	7	6,75
Bauer	55,2	168	6,9 - 8	7	6,9

Таким образом, на современных многоопорных дождевальных машинах применяются однотрубные ферменные пролёты, диаметр используемых труб имеет неширокий диапазон (1 или 2 типоразмер), поэтому такие машины отличаются большой массой и металлоёмкостью [31], что повышает их стоимость.

В последние годы многими институтами Российской Федерации ведутся разработки новых дождевальных машин, на которых в качестве водопро-

водящего трубопровода, выполненного из оцинкованных труб, используются дополнительные трубопроводы, выполненные из коррозионно-устойчивых материалов.

В ВолжНИИГиМ разработана дождевальная машина с вантовой подвеской и полиэтиленовым трубопроводом «Волга-СМ» [111], в РосНИИПМ – дождевальная двухконсольный агрегат «Ростовчанка» [31], дождевальная машина вантовой конструкции кругового действия «Дон-К» (рисунок 1.5, таблица 1.8) и машина фронтального действия со стеклопластиковыми трубами «Волга-Дон» [31, 94].



Рисунок 1.5 – Дождевальная машина вантовой конструкции «Дон-К»

Дождевальная машина «Дон-К» может комплектоваться от 3 до 14 тележек, при этом ширина захвата дождем увеличивается со 105 до 435 м. Давление на входе в машину в зависимости от модификации составляет 0,2-0,4 МПа, а расход воды увеличивается от 10 до 90 л/с. Длина 3-опорной машины

составляет 105 м, ширина – 4,2 м, а высота – 6,5 м. Для 14 - опорной дождевальной машины «Дон-К» длина трубопровода равна 423 м.

В зависимости от модификации при увеличении площади полива с 3,5 до 60 га диаметр трубопровода машины увеличивается со 100 до 150 мм. Высота расположения трубопровода – 2,5 м от поверхности почвы.

Электрический привод обеспечивает максимальную скорость движения последней тележки 45 м/час, при этом норма полива может изменяться от 50 до 300 м<sup>3</sup>/га. Мощность установленного электропривода на тележке - 0,24 кВт, а на машине - увеличивается по мере увеличения числа опорных тележек от 0,72 до 3,36 кВт.

На дождевальной машине «Дон-К» используются дождевальные насадки кругового и секторного полива, которые монтируются через 2,5 м и располагаются на высоте 2,5 м над поверхностью почвы. Общее количество насадок увеличивается от 37 до 169 шт.

В ООО «ПоТехИн и К» разработана машина вантовой конструкции «Бамбук» со стеклопластиковыми трубами (рисунок 1.6). Дождевальная машина «Бамбук» создана на основе композитных материалов из стеклопластика. Основные компоненты – трубы (Ø 150, 100 и 63 мм) и ванты для их подвески изготовлены из стеклопластиков [31]. Дождевальная машина «Бамбук» имеют модульную конструкцию с вантовой подвеской трубопровода. Длина одного пролёта (модуля) равна 45 метров. Машина длиной 450 м имеет 9 модулей.

Тележки изготавливаются из стальных тонкостенных труб круглого и профильного сечения. Все детали и узлы, изготовленные из «черной» стали, подвергнуты горячему или гальваническому цинкованию для предохранения от коррозии. Ходовая часть – колёса изготавливаются из стандартного металлопроката.

На машине применен оригинальный высокоэффективный и надёжный гидравлический привод мощностью 0,25 кВт. Циклическое поступательное



движение гидроцилиндра ( $P = 7$  МПа) при помощи обгонной муфты преобразуется во вращательное движение колеса с максимальной скоростью 42 м/ч.



Рисунок 1.6– Дождевальная машина вантовой конструкции «Бамбук»

Преимущества ДМ «Бамбук»:

Полная масса (с водой в трубопроводе) ДМ «Бамбук» длиной 450 м составляет 12 т, (масса ДМ «Фрегат» - 25 т, «Кубань-ЛК» – 33 т).

Мощность привода длиной 450 м – 1,5 кВт.

Коррозионная стойкость трубопровода в кислых средах – абсолютная.

Гладкий стеклопластиковый трубопровод снижает потери давления воды на 30 %. Жизненный цикл – не менее 50 лет.

Анализ разработок показывает, что в настоящее время необходимы работы, направленные на снижение металлоёмкости, массы и стоимости машины. Этого можно достигнуть за счёт совершенствования фермы путём использования в её конструкции лёгких и прочных композиционных материалов, которые можно использовать как в качестве отдельного водопроводяще-



го трубопровода, так совместно со стальным трубопроводом (патент № 184629) или с полиэтиленовой трубой (патент № 160893, 179791, 2535158).

Гидроподкормка является одним из эффективных способов повышения урожая и качества сельскохозяйственной продукции. Значительная эффективность её вызвана тем, что одновременно с подачей оросительной воды к растениям подаются удобрения в растворенном виде, что повышает их действие [103].

Одним из недостатков существующих дождевальных машины в том, что при гидроподкормке химически активные удобрения, гербициды и другие агрессивные вещества поступают с поливной водой в стальной трубопровод, а дефлекторные насадки распыляют и омывают хим. раствором все стальные части ферм и тележек и вызывать их значительную коррозию, снижая срок службы. Для устранения данного недостатка нами предлагается дождевальная машина [87], которая обеспечивает подачу агрессивных химических веществ и удобрений только через полиэтиленовые трубопроводы, которые не подвержены коррозии, а также устройства приповерхностного полива.

На основании вышесказанного использование на ферменных пролётах дождевальных машин полиэтиленовых труб, НПВХ, стеклобазальтовых или труб из других композитных материалов не подверженных коррозии имеет существенное значение для повышения срока службы, уменьшения массы машины, её стоимости и снижения мощности на передвижение, а также для внесения удобрений и химических веществ.

### **1.3 Анализ дождеобразующих устройств, применяемых на современных многоопорных дождевальных машинах ферменной конструкции**

Нами проведён анализ технических и научных материалов по определению агротехнических характеристик полива и описаний конструкций дождевальных насадок, используемых на многоопорных дождевальных машинах российского и иностранного производства [31, 66-69, 94, 118]. На основании

анализа составлена классификация дождевателей (рисунок 1.7), применяемых на дождевальных машинах отечественного и зарубежного производства.

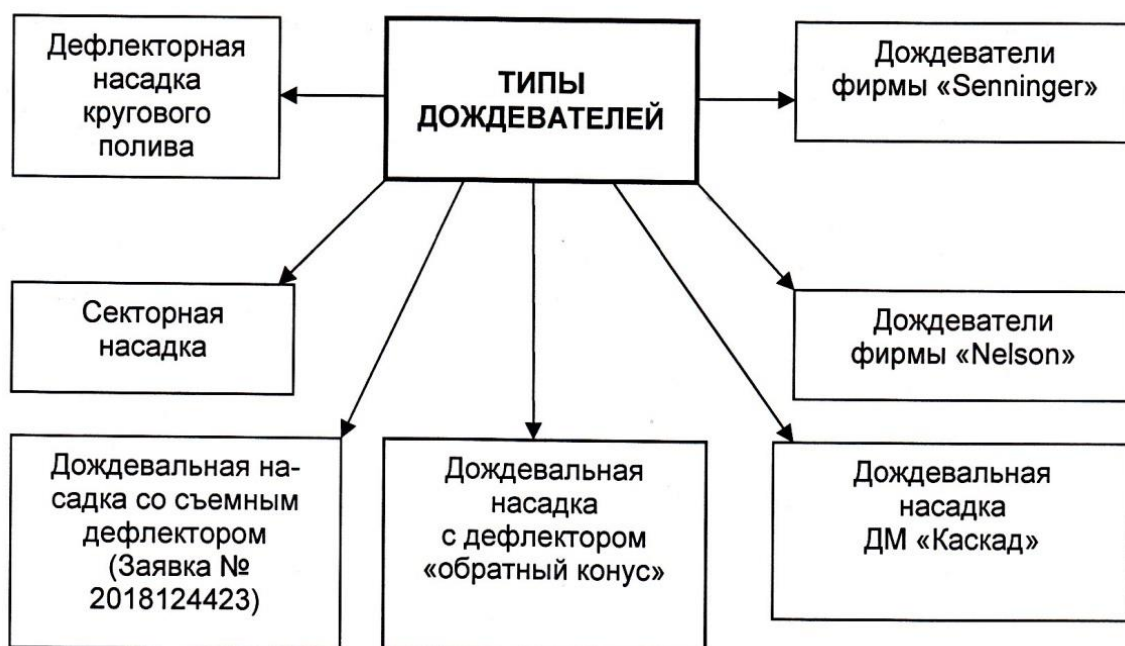


Рисунок 1.7 – Классификация дождевателей, применяемых на многоопорных дождевально-поливных машинах

На многоопорной электрифицированной дождевальной машине «Кубань-ЛК» в качестве дождевателей применяются секторные насадки (рисунок 1.8), которые монтируются сверху на водопроводящем трубопроводе машины, под отрицательным углом к земле.



Рисунок 1.8 – Насадка секторного полива для ДМ «Кубань-ЛК1»

Секторные насадки монтируются на трубопроводе, что приводит к уменьшению ширины захвата дождём и повышению средней интенсивности дождя. Также на ЭДМФ «Кубань-ЛК1» в ООО «Лидер» Волгоградской области внедрены дефлекторные насадки кругового полива (рисунок 1.9).

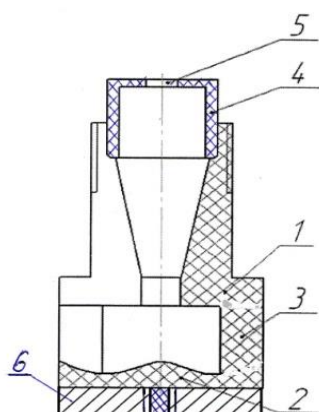


Рисунок 1.9 – Дождевальная насадка  
кругового полива  
для ЭДМФ «Кубань-ЛК1»

В ВолжНИИГиМе разработана дождевальная насадка с дефлектором «обратный конус» [84] (рисунок 1.10). Насадка состоит из корпуса 1 с коническим дефлектором 2, который выполнен в виде обратного конуса и установлен на двух ножках 3. Для настройки дождевальной насадки на требуемый расход воды и качественный распыл в корпус 1 под натягом устанавливается дюза 4 с калиброванным отверстием 5. нижней части корпуса насадки выполнена коническая резьба, которая позволяет монтировать насадку в муфту устройства приземного орошения (УПО). Конструкция насадки позволит улучшить технические показатели устройства приземного орошения.

Дождевальные насадки с дефлектором «обратный конус» [100], изготовленные из полиамида ПА-6 [38], применяются на ДМ «Фрегат» на УПО, формируют мелкокапельный дождь. В тоже время исследования показывают, что при отливке на кромке дефлектора образуется облой, что создаёт значительный реактивный момент и для устойчивого вертикального положения при поливе требуется большой груз – массой 0,7-1 кг и более [38]. Также это вызывает неравномерность распыла, «усы», неоднородную крупность капель

дождя некоторое увеличение диаметра капель и снижение равномерности полива на орошаемой площади [98].



а)

б)

1-корпус насадки; 2-дефлектор насадки; 3-ножка дефлектора;  
5-дюза с калиброванным отверстием; 6-груз

Рисунок 1.10 – Схема (а) и фото (б) дождевальной насадки с дефлектором «обратный конус»

На дождевальной машине «Каскад» на устройствах приземного орошения (УПО) в качестве дождевателей применяются металлические насадки с дефлектором «обратный конус» (рисунок 1.11) [31].

Дождевальные насадки ДМ «Каскад» сложные в изготовлении, так как изделия из металла требуют токарных и сварочных работ, что несколько повышает их стоимость.



Рисунок 1.11 – Металлическая насадка ДМ «Каскад»

Иностранные дождевальные машины комплектуются дождевальными насадками типа Sinniger, Nelson, Komet и др. [31, 94]. Зарубежная многоопорная дождевальная техника имеет широкий диапазон модификаций [64-73] с учётом конкретных условий эксплуатации, и поэтому комплектуются различными разбрызгивающими устройствами, которые устанавливаются на поливных трубопроводах. Дождеобразующие аппараты и насадки выпускаются различных типов и применяются с учётом конкретных почвенно-климатических и вегетативных условий применения техники полива (таблица 1.9, 1.10).

Таблица 1.9 – Сравнительные характеристики дождевателей различных типов

Тип дождевателя	Дальность полёта струи, м	Впитывающая способность почвы	Положение на трубопроводе
LowIngleImpacts	17-33	Низкая - средняя	Сверху
Rotators	10-20	— « —	Сверху и снизу (УПФ)
Sprinner	7-14	— « —	Снизу (УПД)
i-Wob (Nutators)	7-14	— « —	Снизу (УПД)
SuperSprays	4-17	Высокая	Сверху и снизу (УПД)
D-3000	4-17	— « —	Сверху и снизу (УПД)
LDN	4-17	— « —	Снизу (УПД)

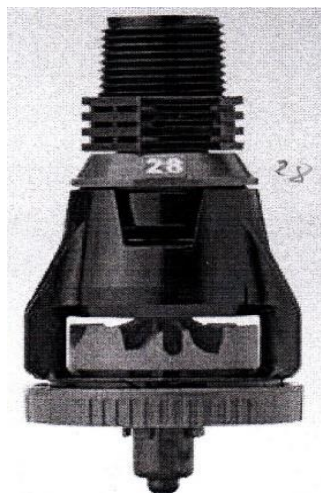
Таблица 1.10 – Агротехнические характеристики дождевателей различных типов

Название	Давление, атм	Высота установки, м	Радиус действия, м
L-Wob	0,69-1,38	0,92-2,75	2,0-8,5
LDN	0,42-1,38	0,46-4,27	2,0-8,5
Superspray	0,42-1,72	0,46-4,27	2,0-8,5
Quad- spray	0,42-6,90	0,20-4,60	2,0-8,5
6IMPACT	1,72-4,83	3,05-4,27	12,5-17,0
8025 HD	2,42-5,18	3,05-4,27	12,5-17,0

Так, ДМ Reinke могут оснащаться различными дождеобразующими устройствами, в зависимости от их расположения на машине, поливаемой культуры и фазы её развития, почвенно-климатических условий и т.д.

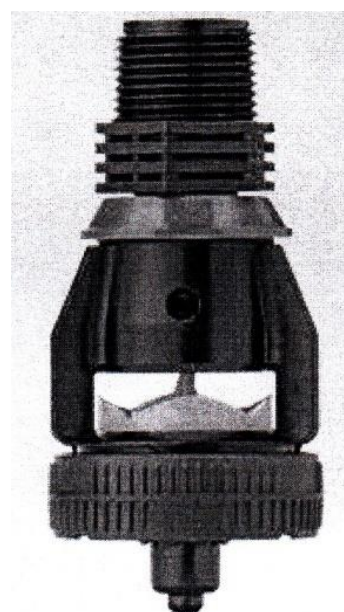
На последней тележке дождевальной машины устанавливаются концевые секции длиной до 31 м, оборудованные концевым разбрызгивателем пистолетного типа. Обычно перед концевым разбрызгивателем устанавливается подкачивающий насос мощностью 2-5 л. с, позволяющий увеличить радиус орошения до 40 м. Марки этих разбрызгивателей – SimeWing, Komet, Nelson SR-100 и др.

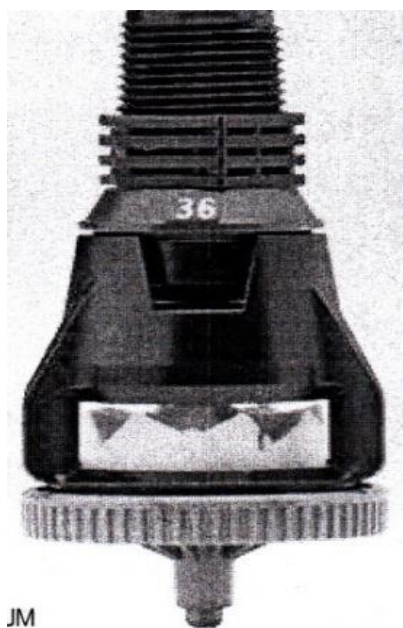
Рассмотрим более подробно некоторые из дождеобразующих устройств (форсунок) зарубежного производства.



Разбрызгивающее устройство **R 3000 Rotator** работает при давлении 1,0-3,4 атм. Радиус разбрызгивания составляет 7,6-11,3 м. Форсунка имеет малую интенсивность дождя, поэтому идеально подходит для систем приземного (приповерхностного) дождевания.

Разбрызгивающее устройство **A 3000 Accelerator** работает при давлении 0,4-1,0 атм. Радиус разбрызгивания – 4,5-8,5 м. Работая при низком давлении (0,7 атм) разбрызгиватель модели А 3000 обладает самым низким углом распыла (струя располагается практически горизонтально), радиус (площадь) полива при этом не уменьшается. Устройство спроектировано для дождевания внутри стеблей растений.





Разбрызгивающее устройство **S 3000 Spinner** поливает при давлении 0,7-1,4 атм. Радиус разбрызгивания – 6,5-8,2 м. Свободно вращающийся S 3000 обеспечивает мягкий дождь для чувствительных культур и почв, имеет высокую равномерность полива. Устройство модифицировано для приземного дождевания.

**D 3000 Sprayhead** работает при давлении 0,4...2,8 атм. Радиус разбрызгивания составляет 2,5-6,1 м. Устройство предназначается для проращивания семян, орошения и внесения химикатов. Съёмная двухсторонняя крышка позволяет легко менять структуру дождя.

**T 3000 Trashbuster, T 3000 FC** используются без регуляторов давления, легко пропускают мусор. Изготавливается для приземного дождевания сточными водами.

**O 3000 Orbitor** работают при давлении 0,7-1,4 атм. Радиус разбрызгивания – 7,15-9,0 м, конструкция обеспечивает исключительную однородность и оптимальный размер капель при низком давлении (0,7-1,4 атм).

**Распылители «i-Wob»** имеют вращающуюся дефлектор, что обеспечивает несколько больший радиус полива [66], равномерное распределение воды на площади орошения и более низкую интенсивность дождя (таблица 1.11, рисунок 1.12). Благодаря рассекателю и вращающему дефлектору, струя воды распадается на средние капли, [32]. Вращающиеся дефлектор, имеют радиус действия 3,7-7,62 м при давлении 0,07-0,35 МПа [66-69].

Анализ дождеобразующих устройств зарубежной широкозахватной дождевальной техники показывает [32, 66], что по конструкции дождевальные насадки имеют много модификаций, и они оборудованы сменными дефлекторами.



Все предлагаемые дождеобразующие устройства, рассчитаны на работу при низком давлении в оросительной сети – до 0,35 МПа [32,67]. Распылительные устройства выполнены из полимерных материалов.

Таблица 1.11 – Параметры конструкции системы «i-Wob»

Параметры конструкции системы «i-Wob»	Название модели			
	SA6G	SA9G	LA9G	LA6G
Размер носика, мм				
Минимум	№ 10-3,57 мм	№ 6-2,38 мм	№ 6-2,38 мм	№ 12-4,76 мм
Максимум	№26-10,32 мм	№ 26-10,32 мм	№ 26-10,32 мм	№ 26-10,32 мм
Расход, л/ч				
Минимум	509	182	182	736
Максимум	4811	4811	4811	4811
Расстояние между шлангами, м				
Подвески при расстоянии от земли 1,8 м	5,5	6,1	5,5	4,6
Рабочее давление носика, атм				
Минимум	0,69	0,69	0,69	0,69
Максимум	1,36	1,38	1,38	1,38



Рисунок 1.12 – Дождевальная насадка Senniger i-wob

Анализируя технические характеристики зарубежных дождевателей, можно сделать вывод, что они работают при невысоком давлении – 0,1-0,14



МПа, при котором формируется дождь с большим средним диаметром капель – 1,2-1,8 мм.

Это приводит к большому энергетическому воздействию дождя на почву вызывающему сток и эрозию почвы. Также дождеватели имеют высокую стоимость. На дождевальными машинами отечественного производства типа «Казанка», «Кубань-С», «Орсис», «Ахтуба» и др. в основном применяют дождевальные насадки типа Sinniger, Nelson или Komet. На основании сказанного выше считаем, что разработка новых дождеобразующих устройств с целью повышения качества и равномерности полива, а также снижения их стоимости для дождевальных машин ферменной конструкции является важным направлением исследований.

### **Выводы по главе 1**

1. Проведенный анализ структуры парка техники полива в Российской Федерации показал, что доля современных дождевальных машин ферменной конструкции (машины типа «Кубань-ЛК1», «Казанка», «Каскад») составляют всего 5,6 %. Востребованность таких машин высока, однако ввиду небольшого срока российского производства, а также от демпирования и агрессивности иностранных фирм пополнение идёт в основном за счёт импортных машин Valley, Zimmatic, Reinke и др. Поэтому организация массового производства современных дождевальных машин ферменной конструкции в России является актуальной задачей.

2. Анализ существующих дождевальных машин ферменной конструкции показывает, что они отличаются: большой массой и металлоёмкостью, что повышает их стоимость, а также вызывает образование глубоких колёс.

3. Ферменные машины отечественного производства комплектуются дождевальными насадками и аппаратами, устанавливаемые на трубопроводе или иностранными насадками на устройствах приземного орошения в линию, которые не в полной мере удовлетворяют качеству полива. Совершенствование дождеобразующих устройств на ДМ ферменной конструкции должно быть

направлено на снижение интенсивности и мощности дождя, повышение равномерности полива, уменьшение потерь воды на испарение и снос путем совершенствования дождевателей и устройств приземного орошения.

4. При внесении и удобрений и химических веществ, агрессивные вещества поступают с поливной водой в стальной трубопровод, а дефлекторные насадки распыляют и омывают раствором стальные части ферм и тележек, что вызывает значительную их коррозию, снижая срок службы. Поэтому необходимо изменить схему и конструкцию машины для подачи удобрений только через полиэтиленовые трубы.

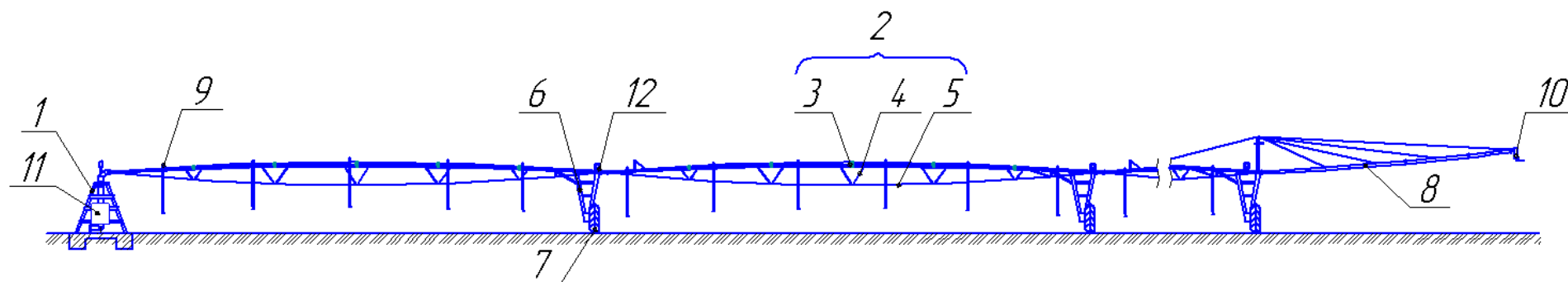
## **2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ ФЕРМЕННОЙ КОНСТРУКЦИИ**

### **2.1 Технологическая схема многоопорной дождевальной машины с двухтрубными ферменными пролётами**

Разработанная в ВолжНИИГиМ электрифицированная дождевальная машина кругового действия ферменной конструкции «Волга-ФК1» с полиэтиленовым трубопроводом (пат. № 160893, рисунки 2.1, 2.2), предназначена для полива дождеванием всех сельскохозяйственных культур, включая высокостебельные [82]. Дождевальная машина «Волга-ФК1» (рисунок 2.2) состоит из неподвижной опоры 1 ферменных пролётов 2, включающих трубопровод 3, раскосы 4 и растяжки 5. Трубопровод 3 состоит из двух соединенных между собой хомутами трубопроводов: стального трубопровода диаметром 102 мм и полиэтиленового трубопровода, выполненного из труб диаметром 90 и 110 мм. Ферменные пролёты 2 опираются на опорные тележки 6 с пневматическими колёсами 7 [103, 109, 111].



Рисунок 2.1 – Дождевальная машина «Волга-ФК1» в работе на орошаемом участке ОПХ «ВолжНИИГиМ»



1-неподвижная опора, 2-ферменный пролёт, 3-трубопровод, 4-раскосы, 5-растяжки, 6-тележка,  
7-колесо, 8-консоль, 9-устройство приземного орошения, 10-концевой аппарат,  
11-шкаф управления, 12-пульт слежения линии

Рисунок 2.2 – Схема электрифицированной дождевальная машины «Волга-ФК1»

На полиэтиленовом трубопроводе монтируются устройства приземного орошения 9 [106, 107] с дождевальными насадками (круговые и секторные). Высота установки дождевателей изменяется от 1 до 3 м от поверхности почвы. Дождевальные насадки обеспечивают мелкокапельный круговой и секторный полив, исключая попадание дождя в зону передвижения тележек.

На консоли 8 дождевальной машины устанавливается концевой аппарат 10. На неподвижной опоре 1 монтируется автономная энергосиловая установка 11. Питание дождевальной машины водой осуществляется от гидранта оросительной сети. Машина обеспечивает подачу нормы полива в широких пределах и применима в любых почвенно-климатических районах страны. Машина снабжена системой управления движением, сигнализации и защиты от аварийных ситуаций.

Опытный образец ДМ «Волга-ФК1» в ОПХ «ВолжНИИГиМ» имеет общую длину машины 204 м и включает первые три пролёта длиной 51,3 м; четвёртый пролёт длиной 30 м и консоль длиной 16 м. Диаметр стального трубопровода составляет 102 мм, полиэтиленового трубопровода: в начале машины – 110 мм; в конце машины - 90 мм. На тележках дождевальной машины использовались колёсные редукторы и мотор-редукторы мощностью 0,75 кВт производства ОАО «Саратовский МЗ «Элеватормельмаш». На тележках дождевальной машины используются пневматические шины диаметром 1 м, шириной 0,4 м, марки 16-20,7Ф76.

Машина проста в эксплуатации. Действия механика-оператора заключаются в установке требуемой поливной нормы, наблюдению за работой машины, проведению технического обслуживания и устранению неисправностей [113]. Машины различных модификаций, отличаются длиной (71...473 м), расходом воды (7...70 л/с) и обеспечивают полив площадей в пределах от 1 до 75 га и более (Приложение 1). Это достигается за счёт изменения числа пролётов (от 1 до 9 шт.) или длины пролёта (до 51,3 м).

## 2.2 Обоснование технических и гидравлических параметров двухтрубных фермовых пролётов

Расход воды многопорных машин ферменной конструкции обычно изменяется от 7 до 70 л/с и более (таблица 1.4) [57, 94].

Гидравлический расчёт трубопроводов машины заключается в подборе труб наиболее выгодных диаметров, соответствующих расчётным расходам воды при соблюдении допустимой скорости тока воды, определения потерь напора по длине трубопроводов и требуемого напора на гидрантах дождевальной машины «Волга-ФК1». Скорость воды в трубопроводах рекомендуется принимать в пределах от 0,8 до 2,0 м/с [128].

Расчёт полиэтиленовых трубопроводов (ПТ) производился согласно своду правил СП-40-102-2000 «Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования».

Величина напора  $H_{\text{тр}}$ , необходимая для подачи воды в поливной трубопровод, определяется по формуле [26, 50]:

$$H_{\text{тр}} = \sum h_t \cdot \ell + \sum h_{\text{м.с.}} + h_{\text{геом}} + h_{\text{дм}}, \quad (2.1)$$

где  $h_t$  – потери напора при температуре воды  $t$ , °С (потери напора на единицу длины трубопровода), м/м;

$\ell$  – длина участка трубопровода, м;

$h_{\text{м.с.}}$  – потери напора в стыковых соединениях и в местных сопротивлениях, м;

$h_{\text{геом.}}$  – геометрическая высота (отметка самой высокой точки расчётного участка трубопровода), м;

$h_{\text{дм}}$  – рабочий напор на входе в дождевальную машину.

Для расчёта пластмассовых труб Ф.А. Шевелев предложил формулу [128]:

$$h_i = 0,000685 \cdot l_i \frac{V^{1,774}}{d_{\text{вн}}^{1,226}} \quad (2.2)$$

где  $h_i$  – гидравлические потери, м на 1 п.м;  $v$ - скорость воды в трубе, м/с;  $d_p$ - внутренний диаметр трубы, м.

Многочисленные исследования [128, 183] показывают, что полиэтиленовые трубы имеют меньшее сопротивление (до 30 %) и для пропуска требуемого расхода воды можно использовать трубы меньшего диаметра.

Для расчёта стальных водопроводных труб [128] используем формулу:

$$h_i = 0,00107 \cdot l_i \frac{v^2}{d_{\text{вн}}^{1,3}}. \quad (2.3)$$

Потери напора по длине стального трубопровода  $\varnothing 102 \times 4,0$  мм ( $d_{\text{вн}} = 92$  мм, длина – 175 м) для 3-опорной дождевальная машины «Волга-ФК1» при суммарном расходе воды 18 л/с, составят 13,3 м вод. ст. (таблица 2.1).

При монтаже на стальной трубопровод фермы полиэтиленовых труб требуемое давление на входе в машину уменьшается. На однопролетной машине с расходом воды 7 л/с в стальной трубопровод  $\varnothing 102$  мм вода не подаётся, он служит опорой для полиэтиленового трубопровода  $\varnothing 63$  мм. На консоли монтируется полиэтиленовый трубопровод  $\varnothing 50$  мм. Потери напора по длине трубопровода составят 7,8 м, а требуемый напор на входе однопролётной машины при  $h_{\text{дн}} = 10$  м будет равен– 18 м (Приложение А, табл. 1 и 2).

Таблица 2.1 – Потери напора по длине стального трубопровода  $\varnothing 102 \times 4,0$  мм при суммарном расходе воды 18 л/с

Участок трубопровода, м	Средний расход воды на участке трубопровода, л/с	Длина участка трубопровода, м	Потери напора по длине на $i$ -ом участке трубы, м вод. ст.
0-25	17,8	25	3,47
25-50	17,0	25	3,27
50-75	16,1	25	2,9
75-100	14,0	25	2,25
100-175	6,1	75	1,37
Суммарные потери			13,25

Потери напора по длине стального трубопровода  $\varnothing 102$  мм при пропуске через него и полиэтиленовой трубу расхода воды 7...18 л/с для 1...3-опорной ДМ составят 6-9 м вод. ст. ( Приложение А, табл. 2-4).

Требуемый рабочий напор на входе 3-опорной дождевальнoй машины ферменной конструкции с электроприводом составит:  $9+15=24$  м. вод. ст.

На 2-опорной машине с расходом воды 10 л/с в стальной трубопровод  $\varnothing$  102 мм первого пролёта подается 8,5 л/с, а 1,5 л/с поступают в полиэтиленовый трубопровод  $\varnothing$  50 мм. На втором пролете машины в стальной трубопровод  $\varnothing$  102 мм вода не подается, он служит опорой для полиэтиленового трубопровода  $\varnothing$  75 мм. На консоли монтируется полиэтиленовый трубопровод  $\varnothing$  50 мм. Потери напора по длине трубопровода составят 6,4 м, а требуемое давление на входе 2-опорной машины – 0,18 МПа (Приложение А, табл. 3).

На 3-опорной машине с расходом воды 18 л/с в стальной трубопровод  $\varnothing$  102 мм первого пролета подается 10,5 л/с, а 7,5 л/с поступают в полиэтиленовый трубопровод  $\varnothing$  75 мм. На втором пролёте машины стальной трубопровод  $\varnothing$  102 мм и полиэтиленовый трубопровод  $\varnothing$  75 мм не изменяются. На третьем пролете машины в стальной трубопровод  $\varnothing$  102 мм вода не подается, он служит опорой для полиэтиленового трубопровода  $\varnothing$  90 мм. На консоли монтируется полиэтиленового трубопровода  $\varnothing$  63 мм. Потери напора по длине трубопровода составят 8,8 м, а требуемое давление на входе 3-опорной машины – 0,2 МПа ( Приложение А, таблица 1 и 4).

На 4-опорной машине с расходом воды 20 л/с в стальной трубопровод  $\varnothing$  102 мм первого пролета подается 11,5 л/с, а 8,5 л/с поступают в полиэтиленовый трубопровод  $\varnothing$  75 мм. На втором и третьем пролёте машины стальной трубопровод  $\varnothing$  102 мм и полиэтиленовый трубопровод  $\varnothing$  75 мм не изменяются. На четвертом пролете машины в стальной трубопровод  $\varnothing$  102 мм вода не подается, он служит опорой для полиэтиленового трубопровода  $\varnothing$  90 мм. На консоли монтируется полиэтиленовый трубопровод  $\varnothing$  63 мм. Потери напора по длине трубопровода составят 10 м, а требуемое давление на входе 4-опорной машины – 0,25 МПа (Приложение А, таблица 1).

При увеличении расхода воды необходимо увеличивать диаметр стального трубопровода. Потери напора по длине стального трубопровода  $\varnothing$  114



мм при пропуске через нее расхода воды на дождеватели (20 л/с) для 10-опорной дождевальной машины составят 17 м. вод. ст. (таблица 2.2).

Для базовой машины длиной 473 м, при расходе воды 50 л/с потери напора по длине полиэтиленового трубопровода, состоящего из труб Ø160 мм (до 4 тележки), Ø 140 мм (от 4 до 8 тележки) и Ø 110 мм (от 8 до 10 тележки), составляют 18,8 м вод. ст. (таблица 2.3). Требуемый рабочий напор на входе 10-опорной дождевальной машины с расходом воды:  $20+50=70$  л/с равно:  $H_{\text{вх}} = h_{\text{п}} + h_{\text{м}} + h_{\text{дн}} = 18,8+1+15=35$  м. вод. ст.

Таблица 2.2 – Потери напора по длине стального трубопровода Ø 114x3,5 мм при суммарном расходе воды 20 л/с для базовой машины ферменной конструкции длиной 473 м

Пролёт машины	Длина от неподвижной опоры, м	Расход воды дождевателей на пролёте, л/с	Суммарный расход воды в трубопроводе на пролёте, л/с	Потери напора на 1000 м трубы, м вод. ст.	Потери напора на <i>i</i> участке трубы, м вод. ст.
НО-Т1	38,7	0,128	19,9	65,0	2,51
Т1-Т2	77,2	0,382	19,6	63,4	2,44
Т2-Т3	115,7	0,636	19,1	60,0	2,31
Т3-Т4	154,2	0,890	18,4	56,1	2,15
Т4-Т5	202,9	1,490	17,2	49,2	2,39
Т5-Т6	251,6	1,890	15,5	40,2	1,95
Т6-Т7	300,3	2,290	13,4	30,3	1,47
Т7-Т8	349,0	2,709	10,9	20,4	1,00
Т8-Т9	397,7	3,110	8,0	11,3	0,55
Т9-Т10	446,7	3,52	4,73	4,19	0,20
Т10-консоль	473	2,920	1,51	0,51	0,0
Суммарные потери					16,97

Анализ гидравлических расчётов, приведенный в таблицах 2.1-2.3 и приложения А показывает, что для обеспечения расхода воды машины и требуемого давления перед дождевателями в конце машины (0,10...0,15 МПа) и на входе машины (0,17...0,35 МПа, таблица 2.5, рисунок 2.3) необходимо использовать полиэтиленовые трубы следующих диаметров (таблица 2.4):

Стальной трубопровод Ø 102 мм и полиэтиленовый трубопровод

- Ø 63 и 50 мм – для 1-опорной машины с расходом воды 7 л/с;
- Ø 75 и 50 мм – для 2-опорной машины с расходом воды 10 л/с;
- Ø 90, 75 и 63 мм – для 3-4-опорной машины с расходом воды 18-20 л/с.

Стальной трубопровод Ø 114 мм и полиэтиленовый трубопровод:

- Ø 90, 75 и 63 мм – для 5 - 6-опорной машины с расходом воды 25-30 л/с;
- Ø 110 и 90 мм – для 7-опорной машины с расходом воды 45 л/с;
- Ø 125 и 90 мм – для 7-опорной машины с расходом воды 55 л/с;
- Ø 140 и 90 мм – для 8-опорной машины с расходом воды 65 л/с;
- Ø 160, 140, 110 и 90 мм – для 9-опорной машины с расходом воды 70 л/с.

Таблица 2.3 – Потери напора по длине полиэтиленовых труб Ø 160, 140 и 110 мм при суммарном расходе воды в начале машины 50 л/с для базовой машины ферменной конструкции длиной 473 м

Пролет машины	Длина от подвижной опоры, м	Расход воды дождевателей на пролете, л/с	Средний расход воды на пролете в трубопроводе, л/с	Потери напора на 1000 м трубы, м вод.ст.			Потери напора на <i>i</i> участке трубы, м вод.ст.
				Ø 160	Ø 140	Ø 110	
НО-Т1	38,7	0,32	49,8	47,0			1,81
Т 1-Т2	77,2	0,95	49,2	46,0			1,77
Т2-Т3	115,7	1,59	47,9	43,8			1,68
Т3-Т4	154,2	2,22	46,0	40,8			1,57
Т4-Т5	202,9	3,72	43,0		63,9		3,11
Т5-Т6	251,6	4,72	38,8		56,0		2,72
Т6-Т7	300,3	5,72	33,4		41,2		2,00
Т7-Т8	349,0	6,77	27,3		28,2		1,37
Т8-Т9	397,7	7,77	20,1			42,2	2,0
Т9-Т10	446,7	8,80	11,8			16,1	0,8
Т10-консоль	473	7,30	3,83			5,0	0,0
Суммарные потери							18,8

Для дождевальной машины ферменной конструкции с полиэтиленовым трубопроводом (число тележек – 1...3 шт., расход воды – 7...18 л/с) необхо-

димо использовать только стальную трубу  $\varnothing$  102 мм или совместно с полиэтиленовыми трубами  $\varnothing$  50-63 мм.

Таблица 2.4 – Значения диаметров основной полиэтиленовой и дополнительной стальной трубы в зависимости от длины и расхода воды машины

Число тележек, шт.	Площадь полива, га	Длина машины, м	Расход воды дождевателей, л/с	Диаметр трубы, мм	
				полиэтиленовой	стальной
9	73,2	473	70	160 - до Т 4, 140 - между Т 5-8 110 и 90 - далее	114-102
8	62,0	434,7	65	140 - до Т 4 90 - далее	114-102
7	51,8	396,2	55	125 - далее 90	114-102
7	42,4	357,7	45	110 - далее 90	114-102
6	31,9	309,0	30	90 -75-63	114-102
5	22,9	260,3	25	90-75-63	114-102
4	15,4	211,6	20	32-75-63	102
3	10,5	173,0	18	нет или 32-75 и 63	102
2	5,7	125,0	10	нет или 32-75– 50	102
1	3,4	71,0	7	нет или 63 и 50	102

Таблица 2.5 – Требуемый напор на входе в машину ( $H_{вх}$ ) в зависимости от расхода воды ( $Q_{дм}$ ) и длины ( $L_{дм}$ ) машины

Показатели машины	Число опорных тележек машины, шт.									
	1	2	3	4	5	6	7	7	8	9
$L_{дм}$ , М	71	122	170	211	261	319	365	376	426	473
$Q_{дм}$ , л/с	7	10	18	20	25	30	45	55	65	70
$Q_{ст}$ , л/с	0	8,5	10,5	11,5	15	15	15	15	20	20
$Q_{пэ}$ , л/с	7	1,5+ 8,5	7,5- 10,5	8,5+ 11,5	10+ 15	15+ 15	30+ 15	40+ 15	45+ 20	50+ 20
$h_{ст}$ , м	0	2,8	6	7,8	11,2	13,1	19,4	21,5	22,2	24,4
$h_{пэ}$ , м	7,8	6,4	8,8	10	11	12	13	15	17	18
$H_{дм}$ , м	18	18	19	20	25	26	28	30	33	35

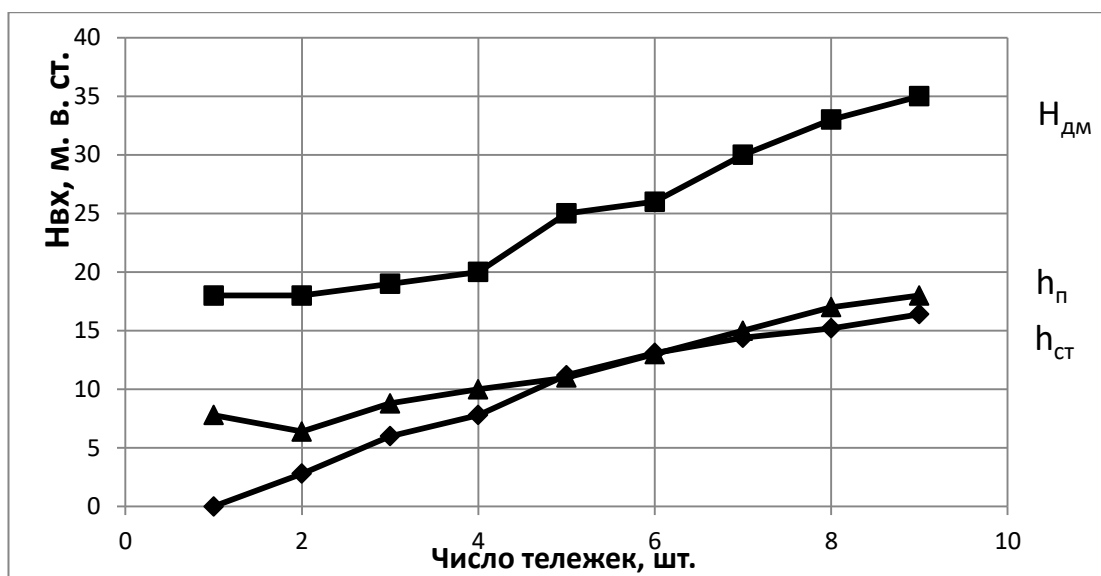


Рисунок 2.3 - Изменение напора на входе в машину ( $H_{вх}$ ) в зависимости от числа опорных тележек

Для 5... 10-опорных машин (расход воды – 25...70 л/с) необходимо использовать стальную трубу  $\varnothing$  114 мм ( $\varnothing$  102 мм последний пролет) и полиэтиленовые трубы диаметром от 63 до 160 мм (таблица 2.6).

### 2.3 Расчёт массы трубопровода дождевальной машины с двухтрубными ферменными пролётами

Так как на дождевальной машине «Волга-ФК1» используется двухтрубный трубопровод, то массу трубопровода фермы оцениваем, как массу полиэтиленового и стального трубопровода, плюс масса воды в данных трубопроводах. Результаты расчётов труб ДМ «Волга-ФК1» сравнивали с массой стандартных труб ДМ «Кубань-ЛК» (таблица 2.6).

Расчёт для полиэтиленовых труб длиной 10 м

- труба диаметром  $\varnothing$  160x4,0 мм: масса 1 п. м – 1,98 кг; масса воды в 1 п. м трубы – 18,1 кг. Масса 1 п. м трубы с водой равна: 1,98+18,1=20,0 кг. Общая масса полиэтиленовой трубы с водой (10 м) равна 200 кг.

- труба  $\varnothing$  140x3,5 мм: масса 1 п. м трубы – 1,53 кг; масса воды в трубе – 13,55 кг. Масса 1 п. м трубы с водой составит 15,0 кг.

- труба  $\varnothing$  125x3,1 мм: масса 1 п. м трубы – 1,22 кг; масса воды в трубе – 11,07 кг. Масса 1 п. м трубы с водой составит 12,3 кг.

- труба Ø 110x2,7 мм: масса 1 п. м трубы – 0,93 кг; масса воды в трубе – 8,58кг. Масса 1 п. м трубы с водой составит 9,51кг.

- труба Ø 90x2,2 мм: масса 1 п. м трубы – 0,63 кг; масса воды в трубе – 5,47 кг. Масса 1 п. м трубы с водой составит 6,1 кг.

Таблица 2.6 – Масса и стоимость трубопровода дождевальная машины «Кубань-ЛК1» ( базовой машины, БМ) и ДМ «Волга –ФК1» (новой машины, НМ) в зависимости от числа опор

Базовая машина (БМ)		Новая машина (НМ)		Масса трубы длиной 10 м с водой, кг		Стоимость трубопровода, руб. за 1 п.м	
		Диаметр трубы, мм					
Число опор, длина машины, расход воды	Диаметр стальной трубы, мм	полиэтиленовая	стальная	БМ	НМ	БМ	НМ
		10 опор 473 м, 70 л/с	203 203 168 168 168				
Среднее снижение массы трубопровода на 26,5 % и стоимости трубопровода на 16,8 %							
8 опор, 396 м, 55 л/с	203 168 168	125 90 90	114 114 102*	446 325 325	317 (-40 %) 255 (-27 %) 184 (-76 %)	1842 1512 1512	1357 (-11,4 %) 1291 (-17 %) 1217(-24 %)
Среднее снижение массы трубопровода на 33,4 % и стоимости трубопровода на 20,3 %							
7 опор, 357 м, 45 л/с	168 168	110 90	114 102*	325	289 (-12 %) 184 (-76 %)	1512 1512	1291 (-17 %) 1217(-24 %)
Среднее снижение массы трубопровода на 19,2 % и стоимости трубопровода на 18 %							
4 опоры, 211 м, 20 л/с	168 168 168 168	75 75 75 90	102 102 102 102*	325 325 325 325	225 (-44 %) 225 (-44 %) 225 (-44 %) 184 (-76 %)	1512 1512 1512 1512	1169 (-29,3 %) 1169 (-29,3 %) 1169 (-29,3 %) 1217 (-24,3 %)
Среднее снижение массы трубопровода на 52% и стоимости трубопровода на 28%							
3 опоры, 173 м, 18 л/с	168 168 168	75 75 90	102 102 102*	325 325 325	225 (-44 %) 225 (-44 %) 184(-76%)	1512 1512 1512	1169 (-29,3%) 1169 (-29,3%) 1217 (-24,3%)
Среднее снижение массы трубопровода на 56,4% и стоимости трубопровода на 27,6%							
2 опоры, 125 м, 10 л/с	168 168	50 75	102 102*	325 325	205 (-58%) 150 (-216%)	1512 1512	1108 (-36%) 1169(-29,3%)
Среднее снижение массы трубопровода на 87% и стоимости трубопровода на 32,5%							

Примечание: 102\* - диаметр стальной трубы последнего пролета без воды.

Расчёт для стальной трубы длиной 10 м:

- труба  $\varnothing 114 \times 3,5$  мм: масса 1 п. м. – 9,47 кг. Общая масса стальной трубы (10 м) равна 94,7 кг, с учетом фланцев, штуцеров и кронштейнов – 104 кг. Масса воды в 1 п. м дополнительной стальной трубы – 9 кг, в 10 м – 90 кг. Общая масса стальной трубы с водой:  $104+90=194$  кг.

Общая масса стальной и полиэтиленовой трубы  $\varnothing 110 \times 2,7$  мм равна:  $194+95=289$  кг (таблица 2.6).

Общая масса стальной и полиэтиленовой трубы  $\varnothing 125 \times 3,1$  мм – 317 кг, с трубой  $\varnothing 140 \times 3,5$  мм – 344 кг, с трубой  $\varnothing 160 \times 4$  мм – 394 кг (таблица 2.6).

Общая масса стальной трубы  $\varnothing 102 \times 4$  мм -105 кг, а с водой -184 кг.

Стальная труба  $\varnothing 203 \times 2,65$  мм: Масса 1 п. м. – 13,0 кг, 10 м – 130 кг, а с учетом фланца и кронштейна – 140 кг (10 м). Масса воды в данной трубе 1 п. м – 30,68 кг, 10 м – 306,8 кг. Общая масса стальной трубы  $\varnothing 203 \times 2,65$  мм с водой:  $140+306,8=446,8$  кг.

Общая масса стальной трубы  $\varnothing 168 \times 2,65$  мм с водой – 325,0 кг.

Таким образом, масса водопроводящего трубопровода с полиэтиленовой и стальной трубой (9-опорной машины «Волга-ФК1» с максимальным расходом воды 70 л/с) меньше в среднем на 26,5 %.

Для 3-опорной ДМ «Волга-ФК1», при использовании только стальной трубы  $\varnothing 102$  мм, и полиэтиленовые трубы  $\varnothing 75$ ; 75 и 90 мм, то масса трубопроводов ферм уменьшится в среднем в 56,4 %. Для 2-опорной машины масса трубопроводов ферм меньше в среднем в 87 %.

Для 7-опорной ДМ «Волга-ФК1» при использовании полиэтиленовой трубы  $\varnothing 110$  и 90 мм масса трубопровода с водой равна 289 и 120 кг или меньше в среднем на 19,2 % .

Для 8-опорной ДМ «Волга-ФК1»» при использовании полиэтиленовых труб  $\varnothing 125$  и 90 мм масса трубы с водой равна 317 и 120 кг или уменьшится в среднем на 33,4 %.

Масса водопроводящего трубопровода и консоли, приходящаяся на последнюю тележку ДМ «Кубань-ЛК1» – 1600 кг. Для дождевальной машины «Волга-ФК1» (с полиэтиленовой трубой  $\varnothing 90$  мм и стальной трубой консоли

Ø 102 и Ø 76 мм без воды) масса водопроводящего трубопровода составляет 793 кг или меньше в 2 раза.

#### **2.4 Сравнительная стоимость трубопровода дождевальной машины «Волга-ФК1»**

Стоимость погонного метра (п. м) стального трубопровода серийной электрифицированной ДМ «Кубань» диаметром 203 мм (толщина стенки – 2,65 мм) и диаметром 168 мм (толщина стенки – 2,65 мм) в настоящее время соответственно составляет 1842 руб. и 1512 руб. (таблица 2.6).

Стоимость 1 п. м стальной оцинкованной трубы Ø 114x3,5мм – 1056 руб.

Стоимость 1 п. м стальной оцинкованной трубы Ø 102x4мм – 1057 руб.

Стоимость 1 п. м полиэтиленовой трубы: Ø 160 (1,98 кг) – 502,0 руб., Ø 140 (1,53кг) – 380,0 руб., Ø 125 (1,22кг) – 300,0 руб., Ø 110 (0,93кг) – 234,0 руб., Ø 90 (0,63кг) – 160,0 руб., Ø 75 (0,47кг) – 112,0 руб., Ø 63 (0,39кг) – 112,0 руб., Ø 50 (0,31 кг) – 51,0 руб.

*Снижение стоимости новой машины по сравнению с базовой машиной будет:*

Для 4-опорной машины с полиэтиленовым трубопроводом Ø 75 мм и стальной трубой Ø 102: на первых трех пролётах:  $1512:1169=1,293(-29,3 \%)$ . На четвертом пролете снижение стоимости составит 24,3 %. В среднем по машине снижение стоимости трубопровода будет 28 % или 70,2 тыс. руб.

Для 7-опорной машины с полиэтиленовым трубопроводом Ø 110: на первых шести пролетах  $1512:1291=1,17 (-17 \%)$ . На седьмом пролете – 24 %. В среднем на машине снижение стоимости трубопровода на -18%.

Для 9-опорной дождевальной машины:

- |                                  |                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| - в начале машины (Т1-Т3), Ø160: | $1842:(1056+502)=1,18 (-18,0 \%)$ ; |
| - от Т4 до Т7, Ø 140: ст. Ø 114  | $1842:(1056+380)=1,28 (-28 \%)$ ;   |
| - от Т7 до Т8, Ø 110: ст. Ø 114  | $1512:(1056+234)=1,17 (-17 \%)$     |
| - от Т8 до Т9, Ø 90: ст. Ø 102   | $1512:(1057+160)=1,24 (-24 \%)$ .   |

Средний процент снижения стоимости водопроводящего трубопровода для 9-опорной дождевальной машины составляет 16,8 % (117,5 тыс. руб.).

Для 8-опорной машины: на первом пролете с полиэтиленовым трубопроводом Ø 125 мм и стальной трубой Ø 102 мм:  $1842:1337=1,114$  (11,4 %); Далее: до седьмого пролета – 17%, на 8-ом пролете – 24%. В среднем снижения стоимости водопроводящего трубопровода по машине - 20%.

## **2.5 Расчёт параметров и числа дождевателей на многоопорной дождевальной машине с двухтрубными ферменными пролётами**

Общий расход воды (л/с) дождевальной машины складывается из расхода воды стального и полиэтиленового трубопровода:

$$Q_{\text{дм}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{пэ}}, \quad (2.4)$$

где:  $Q_{\text{дм}}$  – общий расход воды дождевальной машины, л/с;

$Q_{\text{ст}}$  – расход воды стального трубопровода, л/с;

$Q_{\text{пэ}}$  – расход воды полиэтиленового трубопровода, л/с.

Расход воды на пролёте определяется площадью полива пролёта ( $f$ ), расходом воды ( $Q_{\text{дм}}$ ) и площадью полива машины ( $S_{\text{м}}$ ):

$$q_{\text{пр}} = f \cdot Q_{\text{дм}} / S_{\text{м}} \quad (2.5)$$

где:  $f$  - площадь полива пролёта машины, га;  $f = \pi (R_i^2 - R_{i+1}^2)$ ;

$S_{\text{м}}$  - площадь полива машины, га.

Расход воды на пролёте будет пропорционален расходам воды стального и полиэтиленового трубопроводов:

$$q_{\text{пр}} = q_{\text{ст}} + q_{\text{пэ}} \quad (2.6)$$

Число насадок на пролёте выбирается из условия достаточного перекрытия струй при расстоянии между дождевальными насадками  $\ell_{\text{н}}$  и число насадок на пролёте, шт.  $n = L/\ell_{\text{н}}$ , где  $L$  – длина пролёта, м;  $\ell_{\text{н}}$  – расстояние между дождевальными насадками на пролёте, м.

У современных машин значение  $\ell_{\text{н}}$  изменяется в пределах от 2 до 6 м.



Средний расход воды дождевальной насадки на пролёте равен делению общего расхода воды на пролёте на число насадок на пролёте ( $n$ ):

$$q_H = \frac{q_{\text{ПР}}}{n}. \quad (2.7)$$

Число насадок на пролёте стального трубопровода равно отношению расхода воды стального трубопровода к среднему расходу воды на пролёте:

$$n_{\text{СТ}} = \frac{q_{\text{СТ}}}{q_H}. \quad (2.8)$$

Число насадок на пролёте полиэтиленового трубопровода равно отношению расхода воды полиэтиленового трубопровода к среднему расходу воды на пролёте:

$$n_{\text{ПЭ}} = q_{\text{ПЭ}}/q_H. \quad (2.9)$$

Приведённые формулы необходимо использовать при расчёте числа дождевателей на стальном и полиэтиленовом трубопроводе.

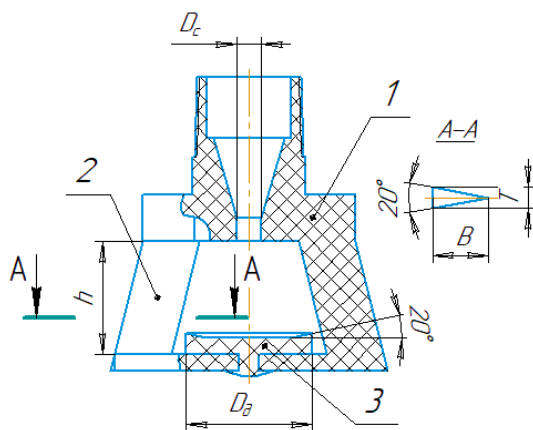
## **2.6 Обоснование конструкции дождевальной насадки со съёмным дефлектором из полимерного материала и устройств приземного орошения**

При обосновании конструкций дефлекторных насадок кругового полива для ДМ «Волга-ФК1» учитывались такие требования как: обеспечение качественного распыла дождя в большом диапазоне расхода воды (0,1-1,8 л/с); возможность регулировки насадки на требуемый расход воды на стадии изготовления; простота конструкции и изготовления; дешевизна (отсутствие цветных материалов). Основы расчёта дефлекторных насадок заложены в работах Б.М. Лебедева [50], А.П. Исаева [33], Г.В. Ольгаренко [75] и др.[102]

На основании указанных требований разработана дождевальная насадка со съёмным дефлектором кругового полива (рисунок 2.4а). Насадка состоит из корпуса 1 съёмный дефлектор 2, который установлен на двух ножках. Для настройки дефлекторной насадки на требуемый расход воды и качественный распыл в корпус 1 под натягом устанавливается дюза с калиброванным от-

верстием. Диаметр сопла изменяется в широких пределах от 2 до 12 мм, средний диаметр сопла  $D_c = 7$  мм.

В нижней части корпуса насадки выполнена коническая резьба (3/4 дюйм), которая позволяет монтировать насадку в муфту гибкого рукава устройства приземного орошения дождевальной машины.



а)



б)

Рисунок 2.4 - Схема (а) и фото (б) дождевальной насадки со съёмным дефлектором

Для формирования мелкокапельного дождя, диаметр дефлектора должен составлять:

$$D_d = 4,0 \cdot D_c \quad (2.10)$$

где  $D_c$  – средний диаметр сопла дефлекторной насадки ( $D_c = 7$  мм), мм.

Принимаем диаметр дефлектора  $D_d = 30$  мм, тогда толщина пленки будет находиться в пределах от 0,03 до 1,2 мм. Такая плёнка будет быстро распадаться на мелкие капли и формирует нежный дождь, снижающий давление на почву.

Для снижения засорения ножек дефлекторной насадки длиноволокнистыми водорослями их высоту принимаем равным диаметру дефлектора  $h = D_d$ . Поперечное сечение ножки представляет треугольник с острым углом направленным к струе (рисунок 2.4), где ширина ножки (B) и её толщина (T)

определяется исходя из условия достаточной прочности их крепления и минимального сопротивления при обтекании потока воды, принимаем ширину ножек:

$$B = 1,7D_c \quad (2.11)$$

Геометрические размеры ножек дефлекторной насадки определим из условия достаточной напряженности на разрыв [98].

Нами проведены обоснования и конструктивные разработки по совершенствованию устройств приземного орошения (УПО). Разработано несколько вариантов [102] УПО для увеличения ширины захвата дождем и для снижения интенсивности дождя путем монтажа дождевальных насадок со съёмным дефлектором:

- на шпренгели ферм с использованием рукавов на высоте 2,7 м от поверхности почвы (вариант 1 - рисунок 2.5, рисунок 2.6);

- на высоте 1-2,7 м на шпренгели ферм и открылки с использованием рукавов (вариант 2 - рисунок 2.4, рисунок 2.7) или с использованием штанг и рукавов (патент № 184629) (вариант 3 - рисунок 2.5).

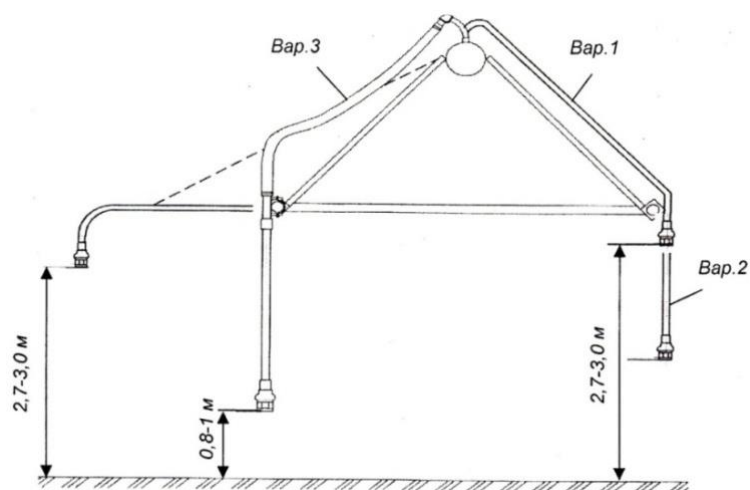
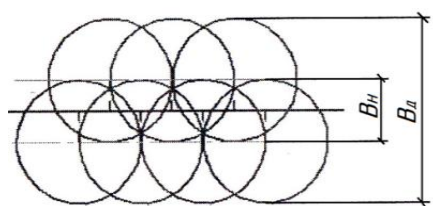
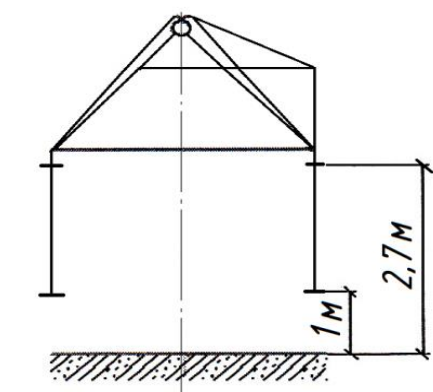


Рисунок 2.5 – Усовершенствованные устройства приземного орошения для дождевальных машин ферменной конструкции (вар. 1, вар. 2 и вар. 3)



Рисунок 2.6 – Устройство приземного орошения с монтажом дождевальной насадки на шпренгеле ДМ «Кубань-ЛК1» (вариант 1)



а)

б)

Рисунок 2.7 – Схема УПО (вариант 2), зона полива дождевальных насадок (а) и монтаж их на шпренгеле и открылках ДМ «Волга-ФК1» (б)

Преимущество устройства приземного орошения (вариант 2) в том, что гибкий напорный рукав обеспечивают легкое регулирование высоты установки (от 1 до 2,7 м) дождевальных насадок по мере роста высокостебельных сельскохозяйственных культур. При монтаже УПО на шпренгелях ферм и открылках расстояние между насадками по линии перпендикулярной трубопроводу возрастает до 2,5 м,

Ширина захвата дождем машины с УПО ( $B_i$ ) определяем по формуле:

$$B_i = 2 (R_i + L_i), \quad (2.12)$$

где  $L_i$  - расстояния от  $i$ -ой насадки до трубопровода машины, м;  $R_i$  - радиус полива  $i$ -ой насадки, м.

Средняя интенсивность дождя  $i$ -ой насадки определяем по формуле:

$$\rho_i = 60 \cdot q_i / (L_H \cdot B_i) \quad (2.13)$$

где  $q_i$  – расход воды  $i$ -ой насадки, л/с;  $L_H$  – расстояние между дождевальными насадками,

Применение усовершенствованных устройств приземного орошения (вариант 2) увеличивает ширину расстановки насадок (до 2,5 м) и ширину захвата дождем, а это позволит уменьшить среднюю интенсивность дождя на машине и повысит качество полива.

Таким образом, обоснованы конструктивные параметры дождевальной насадки кругового полива со съёмным дефлектором. Получены зависимости для определения геометрических размеров модернизированных дождевателей. Обоснованы конструкции УПО для увеличения ширины захвата и площади полива дождём. Необходимо провести экспериментальные исследования для оценки эффективности данных модернизаций.

## **2.7 Обоснование конструкции дождевальной машины для внесения удобрений и хим. веществ через полиэтиленовый трубопровод**

Гидроподкормка является одним из эффективных способов повышения урожая и качества сельскохозяйственной продукции. Значительная эффективность её вызвана тем, что одновременно с подачей оросительной воды к растениям подаются удобрения в растворенном виде, что повышает их действие [57, 94, 99, 135].

Одним из недостатков существующих дождевальных машины в том, что при гидроподкормке химически активные удобрения, гербициды и другие агрессивные вещества поступают с поливной водой в стальной трубопровод, а дефлекторные насадки распыляют и омывают хим. раствором все стальные части фермы и тележек, вызывая их значительную коррозию и снижая срок службы. Для устранения данного недостатка нами предлагается дождевальная машина, которая обеспечивает подачу агрессивных химических веществ и удобрений только через полиэтиленовые трубопроводы, которые не подвержены коррозии, а также устройства приземного орошения.

Дождевальная машина [87] (рисунок 2.8 и 2.9) состоит из неподвижной опоры 1, стальные фермы 2, включающие стальной трубопровод 3, раскосы 4 и шпренгели 5, установленные на тележках 6 с колёсами 7. Снизу трубопровода 3 установлен полиэтиленовый трубопровод 8, который хомутами 9 закреплён на трубопроводе 3. Для полива используются устройства приземного орошения 10, в нижней части которых установлены дождевальные дефлекторные насадки 11. В средней части машины (на третьей и второй ферме от конца машины) прокладываются дополнительные полиэтиленовые трубопроводы 12 малого диаметра, в которые через переходники 13 поступает вода из стального трубопровода 3. В основной полиэтиленовый трубопровод 8 вода подается из поворотного колена 14 неподвижной опоры 1 через переходник 13. За последним переходником 13 смонтирована заглушка 15, которая перекрывает подачу воды в концевую часть стальных труб 3 по-

следней фермы 2. На конце основного полиэтиленового трубопровода 8 установлен концевой дождеватель 16. Устройства приземного орошения 10 подключены только к полиэтиленовым трубопроводам 8 и 12 посредством седёлок 17.

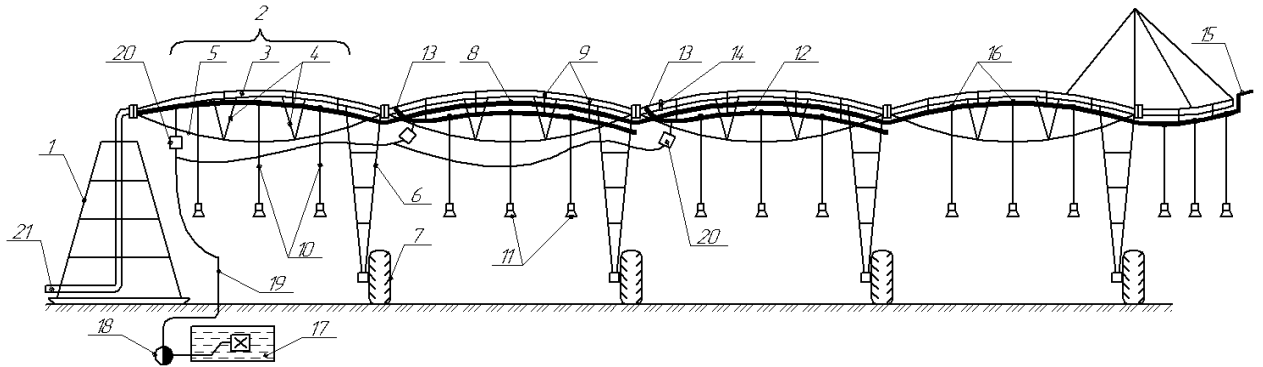


Рисунок 2.8 – Схема дождевальной машины для внесения удобрений и химических веществ через полиэтиленовый трубопровод

Возле неподвижной опоры установлена ёмкость 18 с раствором удобрений и гидродождеватель 19, который по удобрительной трубке 20 подает концентрированный раствор в основной полиэтиленовый трубопровод 8 и в дополнительные полиэтиленовые трубопроводы 12 малого диаметра.

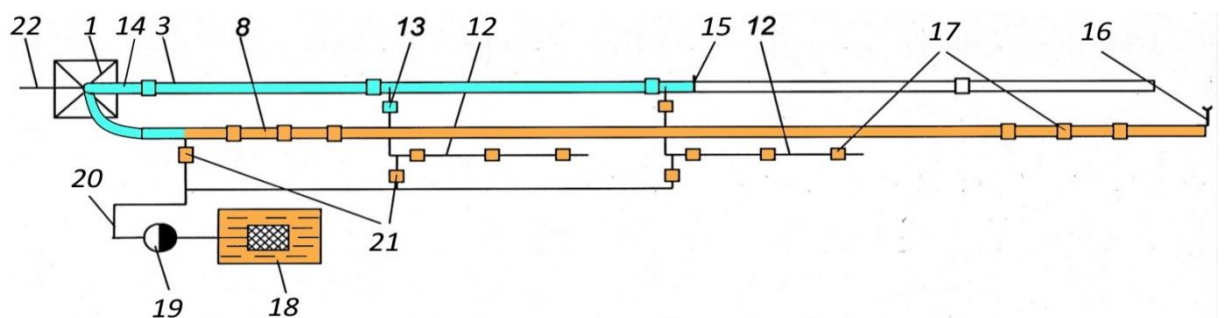


Рисунок 2.9 – Схема стального и полиэтиленового трубопровода на машине при подаче удобрений с поливом

Величина подачи концентрированного раствора пропорциональна расходу воды в полиэтиленовых трубопроводах 8 и 12 и достигается установкой дюз 21 с требуемым диаметром отверстия. Подача воды в неподвижную опору 1 осуществляется при помощи трубопровода 22. Вода под напором из стального трубопровода 22 поступает в неподвижную опору 1, поворотное колено 14 и далее – в стальные трубы 3, а посредством переходников 13 – в основной полиэтиленовый трубопровод 8 и в дополнительные полиэтиленовые трубопроводы 12 малого диаметра. Из основного полиэтиленового трубопровода 8 и дополнительных полиэтиленовых трубопроводов 12 вода при помощи седёлок 17 поступает в устройства приповерхностного полива 10 и при помощи дождевальных дефлекторных насадок 11 и концевых дождевателей 16 распыляется по полю.

При внесении удобрений с поливной водой гидроподкормщик 19 подает удобрительной трубкой 20 концентрированный раствор в основной полиэтиленовый трубопровод 8 и в дополнительные полиэтиленовые трубопроводы 12 малого диаметра и далее устройства приповерхностного полива 10 при помощи дождевальных дефлекторных насадок 11 и концевых дождевателей 16 распыляется на поле удобрение с водой.

Преимущество дождевальной машины в том, что подача агрессивных химических веществ и удобрений осуществляется только через полиэтиленовые трубопроводы, которые не подвержены коррозии, а также устройства приземного орошения, которые снижают снос дождя и уменьшают попадание агрессивных капель на металлические детали тележек и ферм. Всё это повысит срока службы машины.

Для обеспечения требуемой нормы подкормки удобрениями и равномерного внесения их по всей орошаемой площади необходимо провести следующие технологические расчёты. Масса вносимых удобрений на 1 га ( $m$ )



определяется фактическим количеством действующего вещества ( $N_d$ ) в 1 ц удобрений и требуемой нормой внесения ( $N_B$ ):

$$m = \frac{100 \cdot N_B}{N_d}. \quad (2.14)$$

Общая масса вносимых удобрений ( $M$ ) на площадь орошения ( $S$ ) определяется массой вносимых удобрений на 1 га ( $m$ ) по формуле:

$$M = m \cdot S. \quad (2.15)$$

Объём полученного раствора при растворении общей массы вносимых удобрений ( $M$ ) определяется коэффициентом растворения удобрений ( $K_p$ ):

$$V = M \cdot K_p \quad (2.16)$$

Число заливок ёмкости определяется делением объёма полученного раствора ( $V$ ) на объём технологической ёмкости ( $V_e$ ):

$$n = \frac{V}{V_e}. \quad (2.17)$$

Производительность дождевальнoй машины определяется [26] расходом воды ( $Q$ ) и нормой полива машины ( $M_n$ ):

$$W_n = \frac{3.6Q}{M_n}. \quad (2.18)$$

Подача маточного раствора насосом за 1 час зависит от производительности машины ( $W$ ), объём вносимого раствора ( $V$ ) и площадь орошения ( $S$ ):

$$Qn = (V \cdot W) / S. \quad (2.19)$$

Требуемый напор насоса определяется из условия превышения давления в полиэтиленовых трубопроводах ( $H_T$ ) с учётом потерь напора по длине трубопроводов ( $h_{п}$ ) и геодезической высоты подъёма ( $h_{г}$ ):

$$H_n = H_T + h_{п} + h_{г}. \quad (2.20)$$

Расход раствора подаваемый в основной полиэтиленовый трубопровод определяется расходом насоса гидropодкормщика ( $Q_n$ ), площадью полива основного трубопровода ( $S_o$ ) и общей площадью полива машины ( $S$ ):

$$q_o = \frac{Q_n \cdot S_o}{S} \quad (2.21)$$

Расход раствора подаваемого в дополнительный полиэтиленовый трубопровод определяется расходом насоса гидropодкормщика, площадью полива дополнительного трубопровода ( $S_d$ ) и общей площадью полива машины ( $S$ ):

$$q_d = \frac{Q_n \cdot S_d}{S}. \quad (2.22)$$

Диаметр дополнительного полиэтиленового трубопровода определяется расходом воды в дополнительном полиэтиленовом трубопроводе ( $q_v$ ) и допустимой скоростью движения воды в трубопроводе ( $V_d$ ):

$$D = (q_v / 0,785 V_d)^{0,5} \quad (2.23)$$

Диаметр дюзы для подачи раствора в основной полиэтиленовый трубопровод

$$d_o = (q_o / \mu (\pi D^2 / 4) \cdot [2g(H_n - H_{п} - h_{п} - h_{г})]^{0,5})^{0,5} \quad (2.24)$$

Диаметр дюзы для подачи раствора в дополнительный полиэтиленовый трубопровод:

$$d_d = (q_d / \mu (\pi D^2 / 4) \cdot [2g(H_n - H_{п} - h_{п} - h_{г})]^{0,5})^{0,5} \quad (2.25)$$

Проведённые расчёты по полученным формулам (2.17-2.25) показывают, что для равномерного внесения удобрительных растворов диаметр полиэтиленового трубопровода в зависимости от модификации машины, длины трубопровода и расхода воды машины должен изменяться от 32 мм до 160 мм,

которые приведены в таблице 2.6 и 2.7. Его значения определяются расходом воды на пролёте.

На 1-3-опорных машинах с небольшим расходом воды вдоль стального трубопровода прокладывается полиэтиленовый трубопровод малых диаметров (32-75 мм) и подача воды из стальных труб в полиэтиленовые осуществляется через переходники на каждом пролёте. В переходники через дюзу поступает маточный раствор минеральных удобрений из удобрительной трубки (6-10 мм) с более высоким давлением (0,6 МПа). Из полиэтиленового трубопровода разбавленный раствор удобрений подаётся в дождевальные насадки УПО при помощи седёлок.

Для 4-10-опорных ДМ чистая вода поступает по стальному трубопроводу, а по полиэтиленовому – удобрительный раствор, который при помощи УПО с дождевальными насадками выливается на поле. На первых 4-7 пролётах чистая вода при помощи переходников поступает в полиэтиленовый трубопровод малого диаметра – 32-63 мм. В переходники через дюзу поступает маточный раствор минеральных удобрений из удобрительной трубки с более высоким давлением – 0,6 МПа. Из полиэтиленового трубопровода разбавленный раствор удобрений подается к дождевальным насадкам УПО при помощи седёлок (патент № 159184).

Подача удобрительных растворов через полиэтиленовые трубопроводы и УПО исключает попадание коррозионных растворов в стальной трубопровод и конструкционные узлы машины, что будет способствовать повышению надёжности её работы.

Таблица 2.7 - Схема подачи химических веществ через полиэтиленовый трубопровод и его диаметров зависимости от длины машины, числа пролетов и расхода воды

Число тележек–расход воды, л/с	Номер пролета								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 – 5	C=0 (0) П <sub>63</sub> +K <sub>50</sub> =5								
2 – 10	C=1 (9) П <sub>32</sub> =1	C=0 П <sub>75</sub> +K <sub>50</sub> =9							
3 – 18	C=1,5 (16,5) П <sub>32</sub> =1,5	C=4,5 (12) П <sub>50</sub> =4,5	C=0 П <sub>75</sub> +K <sub>50</sub> =7, 3+4,6						
4 – 20	C=1,1 (18,8) П <sub>32</sub> =1,17	C=3,5 (15,3) П <sub>63</sub> =3,53	C=5,89 (9,41) П <sub>63</sub> =5,89	C=0 П <sub>75</sub> +K <sub>50</sub> = 9,4					
5 – 25	C=0 (15) П <sub>90</sub> =0,95 (9,0)	C=0 (15) П <sub>90</sub> =2,86	C=0 (15) П <sub>75</sub> =4,77	C=5,3(9,7) П <sub>63</sub> =6,68	C=0 П <sub>75</sub> +K <sub>50</sub> = 9,7				
7 – 45	C=0 (15) П <sub>125</sub> =0,5 (29,48)	C=0 ((15) П <sub>125</sub> =3,5	C=0 (15) П <sub>125</sub> =3,5	C=15 П <sub>125</sub> =3,5	C=15 П <sub>63</sub> =3,5	C=15 П <sub>63</sub> =3,5	C=0 П <sub>75</sub> +K <sub>50</sub> =9		
9 – 70	C=20 П <sub>160</sub> =0,78 (49,22)	C=20 П <sub>160</sub> =2,36 (46,86)	C=20 П <sub>160</sub> =3,93 (42,93)	C=20 П <sub>160</sub> =5,5 (37,43)	C=20 П <sub>160</sub> =7,08 (30,35)	C=8,6(11,3) П <sub>63</sub> =8,6 П <sub>140</sub> =(30,35)	C=0 П <sub>75</sub> =10,2 П <sub>140</sub> =(30,35)	C=0 П <sub>110</sub> =11,8. (18,55)	C=0 П <sub>90</sub> =13,37 K <sub>6,3</sub> (6,33)

Примечание. П<sub>125</sub>=0,95 (29,48) - П - трубопровод полиэтиленовый; 125 – диаметр трубопровода, мм. 0,95 – расход воды выдаваемый на данном пролете, л/с; (29,48) – транзитный расход воды на данном пролете, л/с. C=1,5 (16,5) – C – стальной трубопровод; 1,5 - расход воды выдаваемый на данном пролете в полиэтиленовый трубопровод, л/с; (16,5) – транзитный расход воды на данном пролете, л/с

## Выводы по главе 2

1. На основе теоретических исследований, для улучшения технических показателей дождевальной машины, обоснована конструкция двухтрубной фермы, которая состоит из стального трубопровода малого диаметра и параллельно монтируется полиэтиленовый трубопровод (патент № 160893). Гидравлическими расчётами установлено, что при увеличении расхода воды машины с 7 до 70 л/с диаметр стальной трубы должен составлять 102-114 мм, а полиэтиленовой – 63-160 мм.

2. Гидравлические расчёты показывают, что применение таких диаметров труб обеспечит работу машины при низком давлении - 0,18-0,35 МПа, что в два раза меньше, чем у ДМ «Фрегат». Расчёты показывают, что применение фермы с полиэтиленовым трубопроводом позволит снизить массу трубопровода на 19-87 % (чем у ДМ «Кубань-ЛК1») в зависимости от модификации машины и его стоимость на 16,8-32,5 % (47,3-117,5 тыс. руб.).

3. На основе теоретических исследований обоснована конструкция дождевальной насадки со съёмным дефлектором (патент № 184629) для устройств приземного орошения, применяемых на машинах ферменной и вантовой конструкции и полосовых дождевателях. Дождевальная насадка формирует однородную структуру дождя по всему кругу полива (исключает «усы»), уменьшает силу отклонения дождевальной насадки от вертикального положения. Теоретически обоснованы конструкции устройств приземного орошения (вариант 1-3) для машин ферменной конструкции (патент № 184629), которые устанавливаются на шпренгели и открылках ферм, повышают ширину захвата дождем при поливе и снижают интенсивность дождя.

4. Теоретически обоснована конструкция дождевальной машины для внесения удобрений и хим. веществ только через полиэтиленовый трубопровод. Определены размеры полиэтиленового трубопровода вдоль машины (патенты № 176478, 208408). Установлены технические параметры и зависимости, определяющие внесение удобрений через полиэтиленовый трубопровод.

## 3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

### 3.1 Программа исследований

Для подтверждения теоретических и технических предпосылок выполнялись лабораторные и полевые экспериментальные исследования. Они осуществлялись в два этапа.

На первом этапе проводились лабораторные исследования дождевальных насадок со съёмным дефлектором для ДМ «Волга-ФК1».

Лабораторные исследования дефлекторных насадок проводились с целью определения следующих качественных характеристик работы: расход воды, радиус захвата дождём, диаметр капель дождя, интенсивность дождя, равномерность полива насадки, её вертикальная устойчивость при поливе.

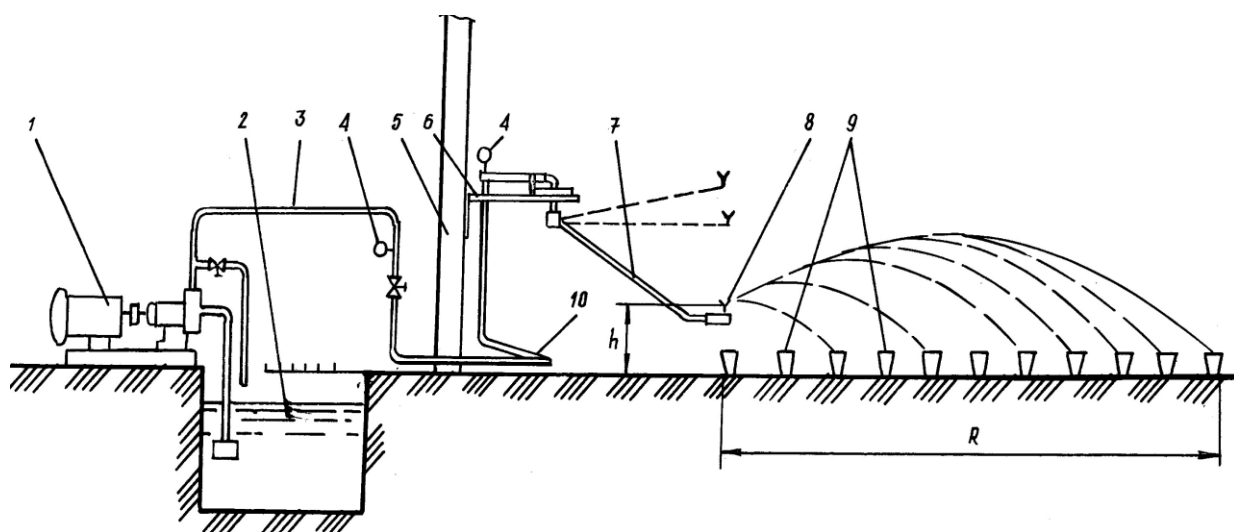
На втором этапе проводились полевые испытания многоопорной дождевальной машины «Волга-ФК1» с полиэтиленовым трубопроводом. Исследовались следующие технические и технологические параметры дождевальной машины:

- расхода воды в зависимости от давления на входе в машину как суммарный расход воды всех дефлекторных насадок и концевого аппарата;
- скорость движения машины, время оборота и поливная норма машины в зависимости от режима работы (процента непрерывной работы) последней тележки;
- радиус захвата дождем машины и площадь её полива;
- равномерность полива в зависимости от скорости ветра;
- показатели надёжности машины;
- потери воды на испарение и снос;
- удельная мощность дождя;
- часовая производительность в зависимости от нормы полива;
- урожайность сельскохозяйственных культур в зависимости от качественных показателей полива машины и др.

### 3.2 Лабораторные исследования дождевальных насадок со съёмным дефлектором

Лабораторные исследования проводились в соответствии с требованиями СТО АИСТ 11.1-2010 Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей [117].

Лабораторные исследования дождевальных насадок со съёмным дефлектором проводились на установке (рисунок 3.1), которая состояла из центробежного насоса 1, всасывающая линия которой обеспечивала подачу воды из бассейна 2 в стальной трубопровод 3 [62, 98]. Устройство приземного орошения 7 с дождевальной насадкой 8 смонтировано на кронштейне 6. Из стального напорный трубопровод 3 вода под напором подавалась в гибкий рукав 10 и далее - в устройство приземного орошения 7. Для определения давления использовались образцовые манометры 4.



1-центробежный насос; 2-бассейн; 3-стальной трубопровод; 4-манометр образцовый; 5-стена здания; 6-кронштейн; 7-устройство приземного орошения; 8-дождевальная насадка; 9-осадкомеры; 10-гибкий рукав; 11-регулирующий кран

Рисунок 3.1 - Установка для испытаний дождевальных насадок при изменении высоты от поверхности почвы

При определении радиуса полива дождём дождевальная насадка со съёмным дефлектором (рисунок 3.1) устанавливалась на высоте от 0,6 до 2,5 м от поверхности земли.

Время проведения лабораторных и полевых опытов выбирали в утренние и вечерние часы при штиле или небольшой скорости ветра. Радиус захвата дождя замерялся металлической рулеткой. Диаметр сопла насадки со съёмным дефлектором изменялся от 3,0 до 12,0 мм, давление – от 0,1 до 0,3 МПа [98].

Для оценки равномерности полива дождевальной насадки использовались осадкомеры 9.

Расход воды дефлекторной насадки определялся объёмным методом с использованием приспособления, мерного бака объёмом 50 л [98] и секундомера (рисунок 3.2). Время наполнения бака фиксировалось секундомером ГОСТ 1197-70, ГОСТ 8.423-81 Секундомеры механические Методы и средства поверки. Напор на выходе струи из сопла насадки определялся при помощи трубки Пито (рисунок 3.3).



Рисунок 3.2 - Определение расхода воды дефлекторной насадки





Рисунок 3.3 - Определение напора при помощи трубки Пито

Расход воды дождевальной насадки определяли [98] делением объёма воды в емкости на время его заполнения, по формуле:

$$q_i = \frac{V_i}{t_i}, \quad (3.1)$$

где  $V_i$  – объём воды в мерном баке, л;

$t_i$  – время наполнения бака, с.

Расход воды дождевальной машины ( $Q_d$ ) характеризует производительность машины и позволяет определять время полива орошаемого участка с заданной нормой орошения. Для расчёта расхода воды дождевальной машины необходимо просуммировать расход воды каждого дождевателя, установленного на трубопроводе, с расходом воды концевого дождевателя по формуле:

$$Q_d = \sum q_i + q_{\text{кда}} \quad (3.2)$$

где  $q_i$  – расход воды дождевателя, л/с;

$q_{\text{КДА}}$  – расход воды концевое дождевателя, л/с.

Расход воды концевое дождевального аппарата, кроме объемного метода определялся также по величине напора, который замерялся при помощи трубки Пито [98]. Расход воды определялся как произведение суммы квадратов основного и дополнительного сопла на корень квадратный из величины напора по формуле:

$$q_{\text{ДА}} = \frac{\mu(D^2 + d^2) \cdot \sqrt{H}}{287,594}, \quad (3.3)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода аппарата ( $\mu=0,96$ ) [90,91,135].

Исследованиями (Колесникова Ф.И., Исаева А.П. и др.) установлено, что средняя действительная (мгновенная) интенсивность дождя оказывает значительное влияние на норму полива до стока и характеризует качество полива. Для её определения у струйного аппарата ( $\rho_{\text{д}}$ ) необходимо разделить расход воды ( $q$ ) на мгновенную площадь полива струи ( $P_{\text{с}}$ ), которая равна площади эллипса, длиной равной радиусу полива ( $R$ ) и шириной, равной максимальной ширине захвата струи ( $B$ ) по формуле:

$$\rho_{\text{д}} = \frac{60 \cdot q}{P_{\text{с}}} = \frac{60 \cdot q}{0,785 \cdot R \cdot B}, \quad (3.4)$$

Средняя действительная (мгновенная) интенсивность дождя дефлекторной насадки определялась делением расхода воды ( $q$ ) на мгновенную площадь полива насадки ( $P_{\text{м}}$ ) – круг с радиусом полива ( $R$ ):

$$\rho_{\text{д}} = \frac{60 \cdot q}{P_{\text{м}}} = \frac{60 \cdot q}{\pi \cdot R^2} \quad (3.5)$$

Качественные показатели полива дождевальной машины определяются крупностью капель дождя, удельной мощностью дождя, которые характеризуют силу удара капель о почву, уплотнение верхнего слоя почвы и разруше-

ния его структуры. При значительном разрушении верхнего слоя почвы и образовании на нем корки значительно снижается впитывание воды в почву, что приводит к образованию стока и эрозии. При стоке оросительная вода с повышенных участков перераспределяется в микропонижения. Влажность почвы на повышенных участках ниже, чем в микропонижениях, где может происходить переполив, застой и возможны инфильтрационные потери оросительной воды. По величине диаметра пятна на обеззоленном бумажном фильтре, натертом чернильным порошком определялся диаметр капель дождя.

Определение среднего диаметра капель дождя в заданной точке радиуса полива дождевальной насадки или дождевальной машины осуществлялось с использованием прибора с бумажным фильтром натертым чернильным порошком (рисунок 3.4). Данный прибор обеспечивал открытие заслонки на небольшой промежуток времени, за которое капли попадали на фильтр.

Прибор вносился в факел дождя и выносился после замера в закрытом виде:



Рисунок 3.4 - Определение крупности капель дождя прибором с бумажным фильтром

Отпечатки капель на бумажном фильтре (рисунок 3.5) замерялись линейкой или микроскопом в двух взаимно перпендикулярных направлениях, и определялся средний диаметр отпечатка капли.

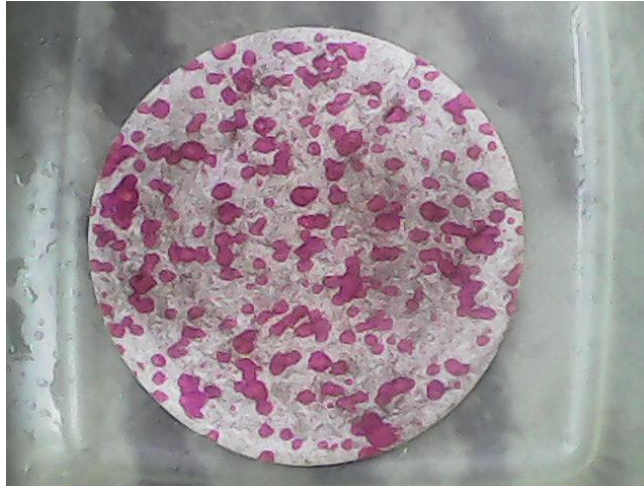


Рисунок 3.5 - Отпечатки капель дождя на бумажном фильтре

Тарировочная кривая (рисунок 3.6) позволяет определить диаметр капель дождя по величине среднего диаметра отпечатка на бумажном фильтре.

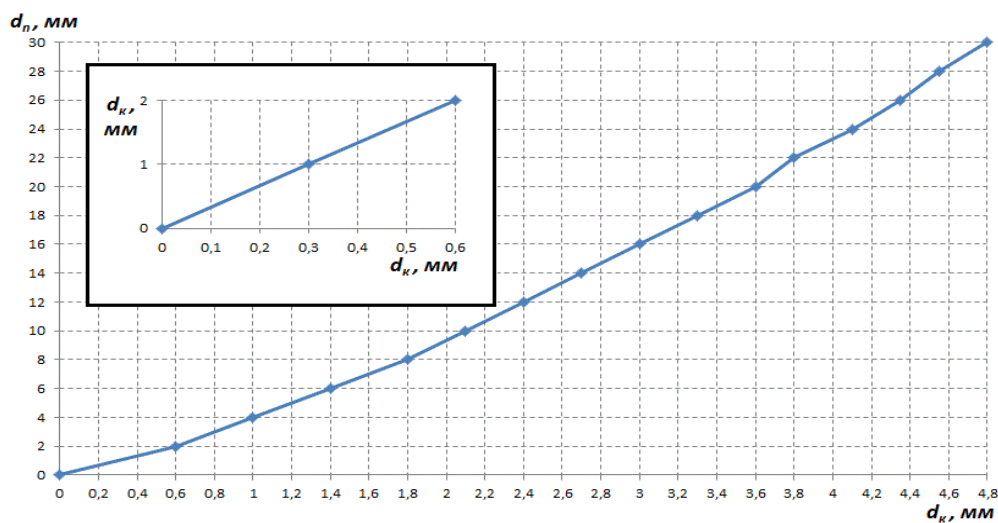


Рисунок 3.6 – Кривая для определения диаметра капли дождя на фильтровальной бумаге натертой чернильным порошком

Равномерность полива дождевальными машинами является одним из основных показателей качества полива, который показывает насколько одинаковый слой осадков подается во все точки орошаемого участка. Равномер-

ность полива дождевальными машинами определяется равномерностью полива дефлекторных насадок и величиной перекрытия струй, на которые значительное влияние оказывает скорость ветра и его направление, а также средний диаметр капель. Равномерность полива дождевальных насадок оценивалась по распределению интенсивности дождя вдоль радиуса действия струи и на площади орошения следующими показателями:

1. Коэффициент неравномерности полива дефлекторной насадки, по модернизированной формуле Б.М. Лебедева [50].

Определялась сумма произведений отклонения интенсивности дождя в  $i$ -ой точке от средней интенсивности на значение коэффициента площади дождемера ( $K_i$ ) в любой  $i$ -ой точке радиуса [98]. Данная величина делилась на произведение средней интенсивности дождя на сумму коэффициента площади дождемеров ( $K_i$ ) по формуле:

$$K_H = \frac{\sum(|\rho_i - \rho_c|) \cdot K_i}{\rho_c \cdot \sum K_i}, \quad (3.6)$$

2. Коэффициент равномерности по Кристиансену [117], учитывающий сумму величин  $|h_i - h_c|$  – отклонения слоя осадков в  $i$ -ой точке от величины среднего слоя осадков:

$$\sigma = 100 \left( 1 - \frac{\sum |h_i - h_c|}{h_c \cdot n} \right) \quad (3.7)$$

где  $n$  – число измерений

### 3.3 Полевые исследования дождевальной машины «Волга-ФК1»

Полевые исследования дождевальной машины «Волга-ФК1» проводились в ОПХ «ВолжНИИГиМ» (рисунок 3.7). Насосная станция в ОПХ «ВолжНИИГиМ» скомплектована разнотипными насосными агрегатами - два агрегата СПС-70/80, по одному агрегату СПС-100/100 и СПС-200/50, что позволяет выдавать различный расход воды при требуемом давлении на выходе насосной.

Закрытая оросительная сеть выполнена из стальных труб диаметрами: 400 мм, 300 мм и 250 мм и полиэтиленовой трубы диаметром 250 мм (550 м).

Для полива орошаемого участка в ОПХ «ВолжНИИГиМ» использованы дождевальными машинами «Фрегат» различной модификации марки ДМУ, а также ДМ «Волга-СМ» и ДМ «Волга-ФК1». На насосной станции установлена система задвижек, которая позволяет регулировать расход воды и давление на выходе при различных вариантах работы дождевальных машин в зависимости от производственной необходимости.

Оценка качественных показателей полива ДМ «Волга-ФК1» с серийными секторными насадками и с устройствами приземного орошения проводилась в соответствии с требованиями СТО АИСТ 11.1 - 2010 Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей [117].

Для определения расход воды дождевальной машины ( $Q_m$ ) на поле, необходимо определить расход каждой дождевальной насадки и концевого аппарата и вычислить их сумму по формуле 3.2.

Средняя норма полива после прохода ДМ «Волга-ФК1» определялась по величине слоя осадков на орошаемом участке по формуле:

$$m_c = 10 \cdot h_c, \quad (3.8)$$

где  $h_c$ - средний слой дождя на участке полива, мм.

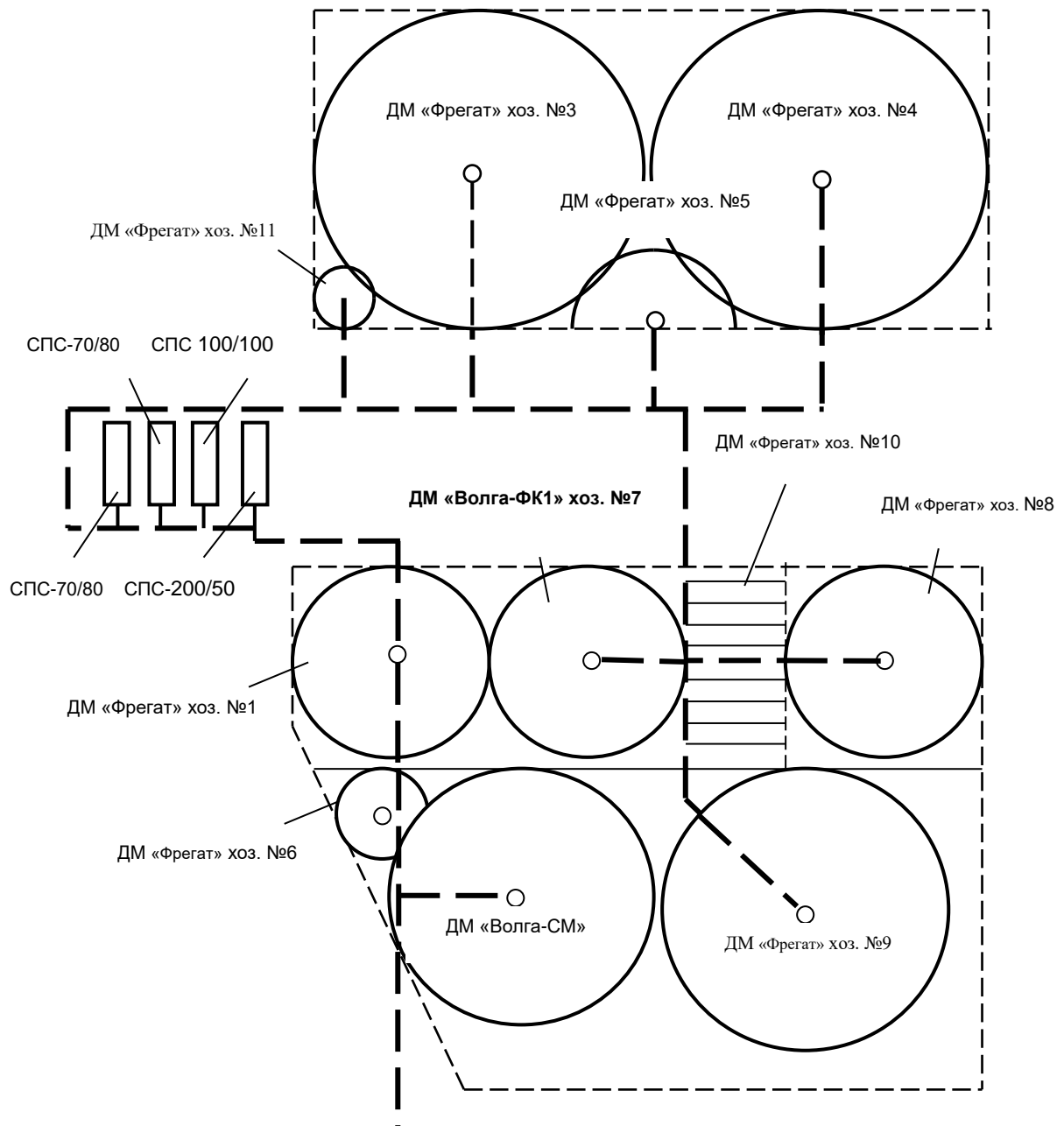


Рисунок 3.7 – Размещение дождевальных машин на орошаемом участке в ОПХ «ВолжНИИГиМ»

Распределение слоя осадков и интенсивности дождя на орошаемом участке после прохода дождевальной машины определялось при помощи осадкомеров с приемной площадью  $25,5 \text{ см}^2$  и объемом 3,3 л. Осадкомеры устанавливались по радиусам в 2-3 ряда с центральным углом  $3^0$  на расстоянии от 1 до 5 м друг от друга (рисунки 3.8) [98].

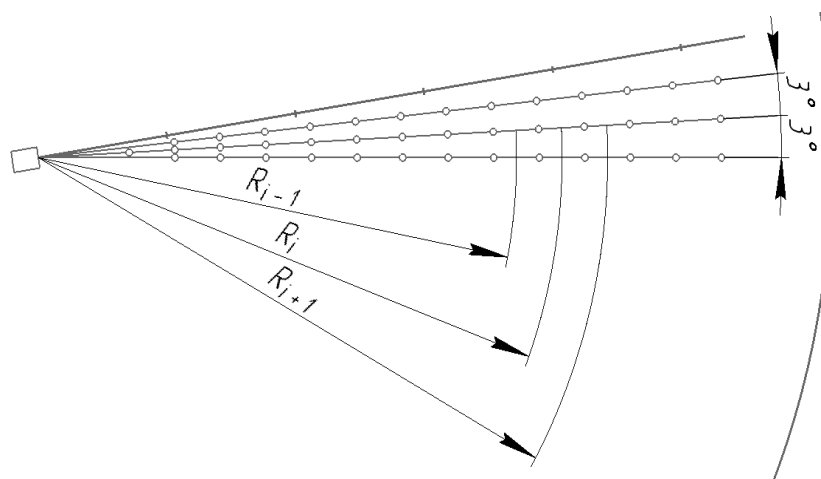


Рисунок 3.8 - Расстановка осадкомеров на орошаемом участке

Давление на входе в машину определяли по манометру, а также записывали на самописце МТ-10 ГОСТ 1067-70. Скорость ветра в течение опыта замерялась через определенные равные интервалы, ручным анемометром ГОСТ 6376-74, который устанавливался на расстоянии 100-200 м от машины на высоте 2 м.

Теоретическую норму полива ДМ «Волга-ФК1» определяли с учетом минимальной нормы полива и минимального времени оборота машины по формуле [65]:

$$m_T = Tn \cdot \frac{m_{min}}{T_{min}} \quad (3.9)$$

где  $m_{min}$  – норма полива машины при максимальной скорости движения последней тележки 1,51 м в минуту - 133 м<sup>3</sup>/га (таблица 3.1);

$T_{min}$  – минимальное время оборота машины - 12,8 час.

Таблица 3.1 - Норма полива (слой дождя за 1 проход машины) в зависимости от режима работы последней тележки

Процент непрерывной работы последней тележки, %	10	18	33	55	75	100
Скорость движения последней тележки, м/мин	0,15	0,27	0,45	0,83	1,13	1,51
Норма полива (слой дождя), мм	133	73,9	40,3	24,1	17,7	13,3
Время полива (оборота) машины, ч	128	71,1	38,8	23,2	17,0	12,8



Равномерность полива ДМ «Волга-ФК» оценивалась коэффициентами эффективного, недостаточного и избыточного полива [117]. Для их расчёта проводили построение частотного графика распределения слоя дождя с использованием значений коэффициентов площади полива под каждым осадкомером [98], которые зависели от их положения относительно центра вращения машины.

Величина потерь дождя и сноса ветром показывает долю осадков (в %) на которую уменьшается поливная норма при орошении. Эту величину определяли по разнице между расчётной и фактической нормой полива, которая замерялась при помощи осадкомеров и рассчитывали по формуле [98, 7, 86]:

$$E_{ис} = \frac{m_p - m_\phi}{m_\phi} \cdot 100\%, \quad (3.10)$$

где  $m_p$ ,  $m_\phi$  – расчетная и фактическая поливная норма на орошаемом участке, мм.

Фактическая поливная норма ( $m_\phi$ ) определялась по объёму воды в осадкомере после орошения участка поля.

Расчетная поливная норма ( $m_p$ ) в любой точке вдоль трубопровода машины определялась как средняя в зоне полива каждой дождевальной насадки по формуле:

$$m_p = 60 \cdot q \cdot R_T / (\ell \cdot R_a \cdot V), \quad (3.11)$$

где  $q$  – расход воды дождевальной насадки, л/с;

$\ell$  – расстояние между дождевальными насадками, м;

$R_T$ ,  $R_a$  – расстояние от неподвижной опоры до последней тележки и до устройства приземного орошения с дождевальной насадки, м;

$V$  – скорость движения последней тележки, м/мин.

Для определения нормы полива до стока в зоне полива дождевальных насадок определялся объём воды в осадкомере на время образования устойчивых луж на поверхности поля.

Средняя интенсивность дождя при установке дождевальных насадок на ДМ «Волга-ФК1» определялась делением расхода воды дождевальной насадки ( $q$ , л/с) на радиус полива ( $R$ , м) и расстояние между дождевальными насадками ( $\ell$ , м):

$$\rho_c = \frac{60 \cdot q}{2R \cdot \ell} = \frac{30 \cdot q}{R \cdot \ell}. \quad (3.12)$$

Для сравнительной оценки эффективности работы дождевальная машина «Волга-ФК1» комплектовалась дождевателями различных типов: секторными дождевальными насадками и устройствами приземного орошения с усовершенствованными дождевальными насадками (рисунок 3.9).

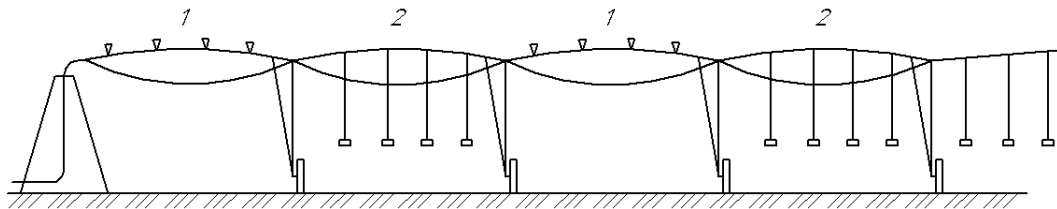


Рисунок 3.9 - Расположение серийных дождевальных насадок (1) и устройств приземного орошения (2) на ДМ «Волга-ФК1»

Для оценки влияния качественных показателей полива на урожайность сельскохозяйственных культур проведены замеры на участке орошения ДМ Zimmatic в ООО «Липовское».

При изучении технико-экономических параметров работы машин «Волга-ФК1» определялись следующие показатели:

1. Для оценки часовой производительности ( $П_ч$ ) дождевальной машины [31, 32, 98, 115] определялся расход воды машины ( $Q_M$ , л/с), норма полива ( $m$ , м<sup>3</sup>/га), коэффициент использования машины ( $K_{и}$ ) и потери воды на испарение и снос ветром ( $E_{ис}$ , %). Расчёт часовой производительности производился по формуле:

$$П_ч = \frac{3,6 \cdot Q_M \cdot K_{и}}{m \cdot (1 + 0,01 \cdot E_{ис})}, \quad (3.13)$$

2. Экономические показатели использования машин «Волга-ФК» определялись в соответствии с ГОСТ 70.2.19-73.

### 3.4 Математическая обработка результатов исследований

Для оценки достоверности экспериментальных данных применены методы математической статистики [39, 80, 98, 105] и теории случайных ошибок [80].

Для определения статистической зависимости между радиусом полива струи дождевальной насадки со съёмным дефлектором и её конструктивно-технологическими параметрами (диаметр сопла и давление) определялись коэффициенты регрессии линейного уравнения (Приложение А, таблица 5).

При расчёте минимального и максимального диаметра капель вдоль радиуса полива дождевальной насадки определялись коэффициенты регрессии линейного уравнения (Приложение Б и В,).

Коэффициенты регрессии общего уравнения для расчёта диаметра капель в любой точке относительного радиуса полива определялся методом наименьших квадратов [98]:

$$(Y_i - Y_p)^2 = \min, \quad (3.14)$$

где  $Y_i$  – фактическое значение зависимого показателя;

$Y_p$  – расчетные значения, найденные из уравнения регрессии.

При обработке экспериментальных данных определялись: средняя величина распределения; дисперсия распределения; среднеквадратичное отклонение; коэффициент вариации; точность опыта. Расчёт проводился по формулам, которые приведены в приложении Г.

При математической обработке также определялись: средняя относительная ошибка аппроксимации; остаточная дисперсия; коэффициент множественной корреляции [39,80,98]. Оценка адекватности уравнения регрессии осуществлялась по критерию Фишера [39, 80, 98]. Уравнения для расчёта данных параметров приведены в приложении Г.

## 4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ НАСАДКИ СО СЪЁМНЫМ ДЕФЛЕКТОРОМ

### 4.1 Расход воды дождевальной насадки со съёмным дефлектором

Результаты исследования расхода воды модернизированной дождевальной насадки со съёмным дефлектором (патент № 184629) с углом конуса сопла ( $\alpha$ ) равным  $30^\circ$  в зависимости от давления перед насадкой ( $P$ ) и диаметра сопла ( $D$ ) приведены в таблице 4.1 и показаны на рисунке 4.1. С увеличением диаметра сопла с 3 до 10 мм и давления перед насадкой с 0,1 до 0,3 МПа расход воды увеличивается с 0,089 до 1,711 л/с.

Таблица 4.1 - Расход воды ( $q$ , л/с) дождевальными насадками со съёмным дефлектором на ДМ «Волга-ФК1»

Давление ( $P$ ), МПа	Диаметр сопла ( $D$ ) насадки со съёмным дефлектором, мм							
	3	4	5	6	7	8	9	10
0,10	0,089	0,158	0,274	0,355	0,484	0,632	0,800	0,988
0,15	0,109	0,193	0,302	0,435	0,593	0,774	0,980	1,211
0,20	0,125	0,223	0,349	0,503	0,684	0,894	1,132	1,397
0,25	0,140	0,250	0,390	0,562	0,765	1,000	1,265	1,562
0,30	0,154	0,273	0,428	0,616	0,838	1,095	1,386	1,711

Исследования показывают, что расход воды модернизированной дождевальной насадки ДМ «Волга-ФК1» зависит от диаметра сопла ( $D$ ), давления ( $P$ ) и коэффициента расхода ( $\mu$ ), который при угле конуса сопла  $\alpha=30^\circ$  равен  $\mu=0,9$ . Уравнение для его расчёта имеет вид:

$$q = \frac{\mu \cdot D^2 \cdot (100P)^{0,5}}{287} = \frac{D^2 \cdot (100P)^{0,5}}{320}. \quad (4.1)$$

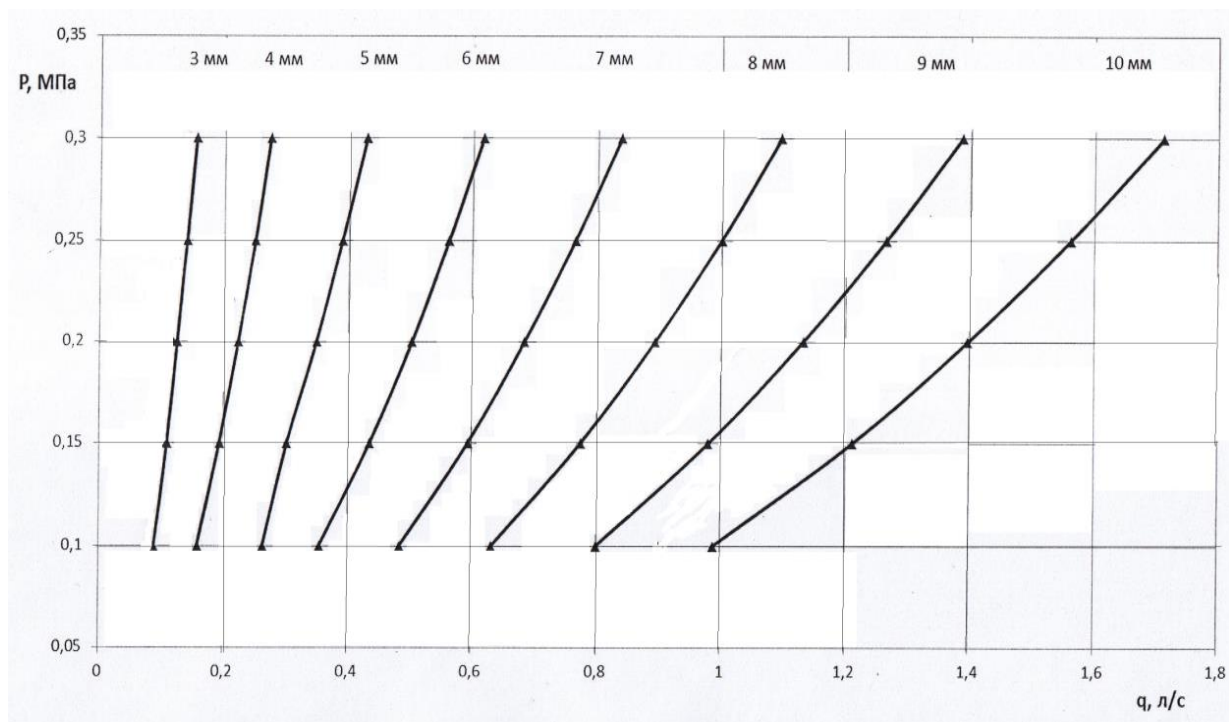


Рисунок 4.1 - Расход воды (л/с) дождевальными насадками со съёмным дефлектором

Исследования показывают, расход воды модернизированной дождевальной насадки позволяет применять их на ДМ «Кубань-ЛК1», «Фрегат», «Волга-ФК1» и других машинах всех модификаций.

#### 4.2 Радиус захвата дождем при поливе модернизированной дождевальной насадки со съёмным дефлектором

При исследовании радиуса полива модернизированных дождевальных насадок со съёмным дефлектором изменялись диаметра сопла от 3 до 10 мм, давлением перед насадкой от 0,1 до 0,3 МПа и от высоты установки над почвой (таблица 4.2, рисунок 4.2).

Таблица 4.2 - Радиус полива дождем ( $R$ ) модернизированной дождевальной насадки со съёмным дефлектором при высоте установки  $h=1,0$  и  $2,0$  м

Давление, МПа	Радиус полива дождем ( $h=2$ м) дождевальных насадок со съёмным дефлектором при различных значениях диаметра сопла, м			
	3	6	8	10
0,10	2,43	3,84	4,49	5,00
0,15	2,67	4,47	5,38	6,12
0,20	2,81	4,87	5,97	6,89
0,25	2,90	5,15	6,38	7,46
0,30	2,97	5,35	6,70	7,89
	Радиус полива дождем при $h=1$ м			
0,10	2,38	3,76	4,40	4,90
0,15	2,61	4,38	5,08	6,00
0,20	2,75	4,77	5,85	6,75
0,25	2,84	5,05	6,25	7,31
0,30	2,91	5,25	6,65	7,73

Максимальный радиус захвата дождем дождевальной насадки при изменении диаметра сопла от 3 до 10 мм при давлении 0,3 МПа увеличивается с 2,97 до 7,89 м.

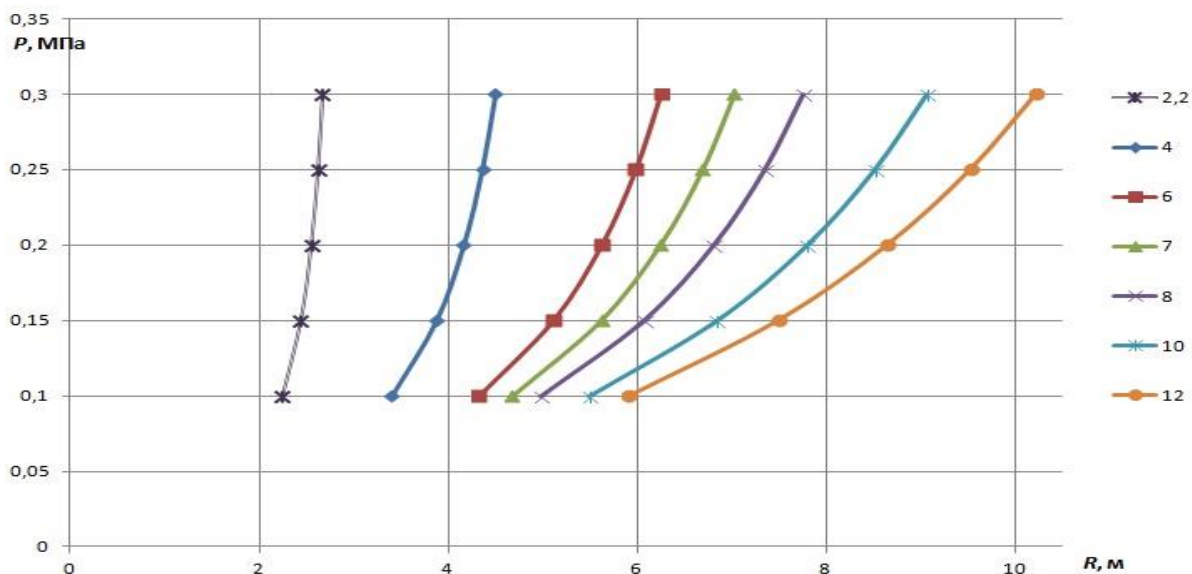


Рисунок 4.2 - Радиус захвата дождем  $R$  дождевальной насадки с обратным конусом при высоте её установки 2 м

Обработкой данных (приложение В, таблица 4.2) получено уравнение для определения радиуса полива  $R$  от конструктивно-технологических параметров:

$$R = (0,96 + 0,02h) \cdot 100P / (1,1 + 90P/D), \quad (4.2)$$

где  $h$  – высота установки дождевальной насадки ( $h = 0,6 \dots 2,5$  м).

Установка дождевальных насадок на устройствах приземного орошения (УПО) на шпренгелях фермы и открылках, позволяет увеличить ширину расстановки насадок поперек трубопровода на 2,5 м и ширину захвата дождем на 13,8-61,2 % по сравнению с насадками, установленными в линию вдоль трубопровода (рисунок 4.3, таблица 4.3).

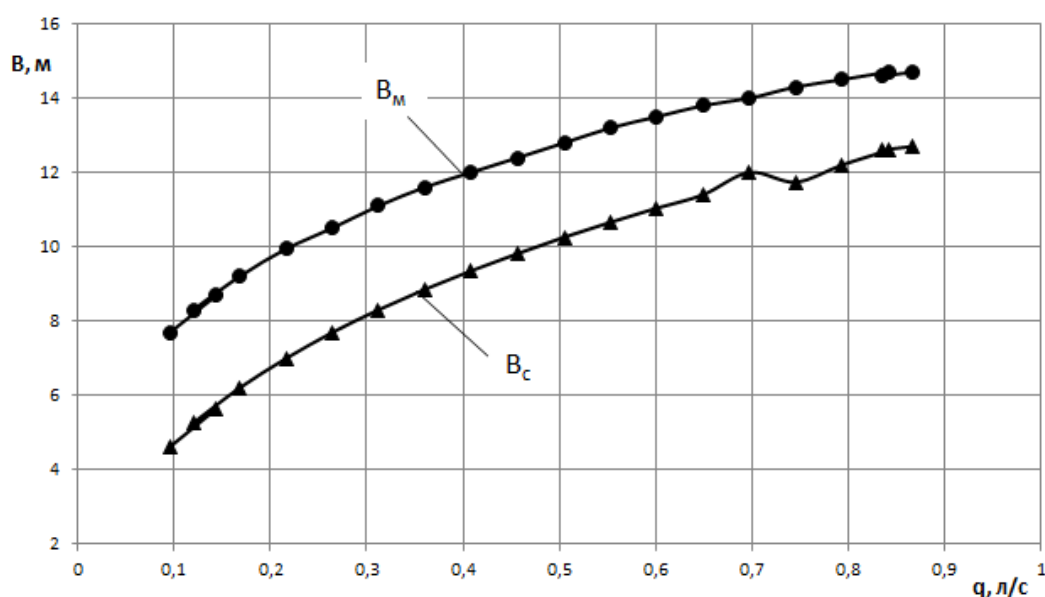


Рисунок 4.3 - Ширина захвата дождем при поливе дождевальными насадками, установленными вдоль трубопровода в линию ( $B_C$ ) и на УПО на шпренгелях фермы и открылках ( $B_M$ )

Таблица 4.3 - Радиус захвата дождем ( $R$ ) УПО с насадками при установке в линию и в шахматном порядке вдоль трубопровода ДМ «Волга-ФК1», ширина захвата дождем ( $B$ ) и величина перекрытия струй ( $R/\ell$ )

Расход воды на трубе, л/с	Давление на выходе, МПа	Диаметр сопла, мм	Радиус захвата (ДН), м	Ширина захвата ( $B$ ), м		$(R/\ell)$ при $\ell = 2,6$ м
				ДН вдоль трубопровода	ДН на УПО	
1	2	3	4	5	6	7
0,096	0,34	2,29	2,35	4,62	7,70	0,94
0,144	0,32	2,84	2,84	5,65	8,70	1,13
0,120	0,30	2,64	2,62	5,25	8,30	1,06
0,168	0,28	3,18	3,10	6,20	9,20	1,24
0,216	1,27	3,64	3,49	6,99	9,94	1,38
1 пролёт						
0,264	0,26	4,06	3,84	7,69	10,5	1,51
0,312	0,255	4,43	4,15	8,30	11,1	1,62
0,360	0,25	4,79	4,42	8,85	11,6	1,72
0,408	0,25	5,09	4,67	9,35	12,0	1,81
0,457	0,245	5,41	4,91	9,82	12,4	1,89
2 пролёт						
0,505	0,24	5,72	5,13	10,26	12,8	1,97
0,553	0,238	5,99	5,33	10,66	13,2	2,04
0,601	0,235	6,28	5,52	11,04	13,5	2,10
0,649	0,23	6,56	5,70	11,4	13,8	2,16
0,697	0,225	6,83	6,03	12,0	14,0	2,21
3 пролёт						
0,745	0,22	7,11	5,87	11,74	14,3	2,26
0,793	0,215	7,37	6,13	12,2	14,5	2,31
0,841	0,21	7,64	6,33	12,6	14,7	2,35
4 пролёт						
0,834	0,20	7,70	6,30	12,6	14,6	2,32
0,866	0,20	7,85	6,39	12,7	14,7	2,35

Установка УПО с дождевальными насадками на пролётах машины «Волга-ФК1» через 2,6 м должна обеспечить хорошее перекрытие струй и высокую равномерность полива. Величина перекрытия струй ( $R/\ell$ ) дождевальных насадок модернизированной дождевальной машины увеличивается 1,06 до 2,35 (таблица 4.3, рисунок 4.4).



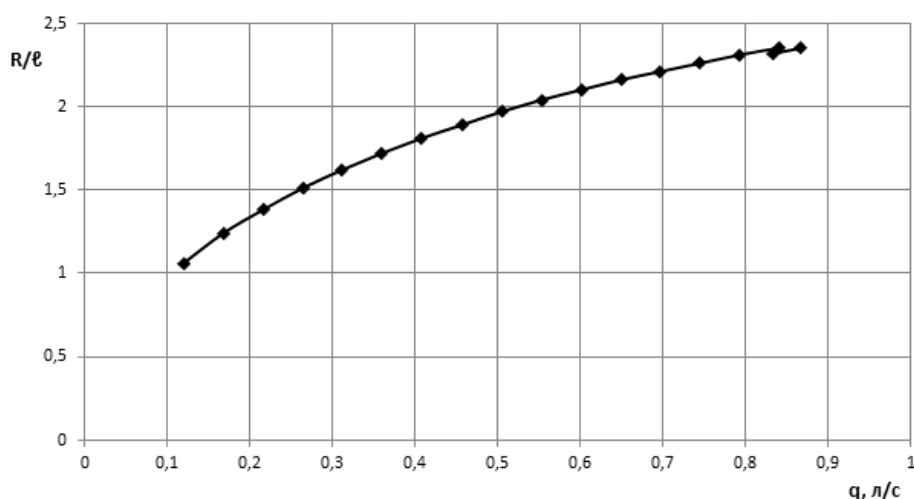


Рисунок 4.4 – Изменение величины перекрытия струй ( $R/l$ ) вдоль трубопровода ДМ «Волга-ФК1» с дождевальными насадками на УПО, установленными по учащенной схеме

Достаточное перекрытие струй насадок на УПО вдоль трубопровода будет способствовать повышению равномерности полива ДМ «Волга-ФК1».

#### 4.3 Средняя и действительная интенсивность дождя при поливе дождевальной насадкой со съёмным дефлектором.

Многочисленными исследованиями (Колесникова Ф. И., Исаева А. П. и др.) установлено, что на норму полива до стока большое влияние оказывает действительная (мгновенная) и средняя интенсивность дождя. Для расчёта средней мгновенная интенсивность дождя необходимо расхода воды насадки разделить на мгновенную площадь её полива  $P_m$  по формуле 3.5.

Радиус полива дождём дождевальных насадок со съёмным дефлектором при установке вдоль трубопровода машины «Волга-ФК1» изменяется в пределах (от 2,35 до 6,39 м, таблица 4.3), поэтому средняя интенсивность дождя высокая и изменяется от 0,49 до 1,62 мм/мин (таблица 4.4 и 4.5, рису-

нок 4.5). Однако, при установке ДН на шпренгелях и открылках на ширину 2,5 м перпендикулярно трубопровода интенсивность дождя в начале машины снижается до 0,302 мм/мин (меньше на 65 %) и в конце машины – до 1,31 мм/мин (меньше на 23,3 %).

Результаты замеров средней интенсивности дождя вдоль ДМ Zimmatic с насадками *i-wob* и ДМ «Фрегат» приведены в таблице 4.4 и на рисунке 4.5.

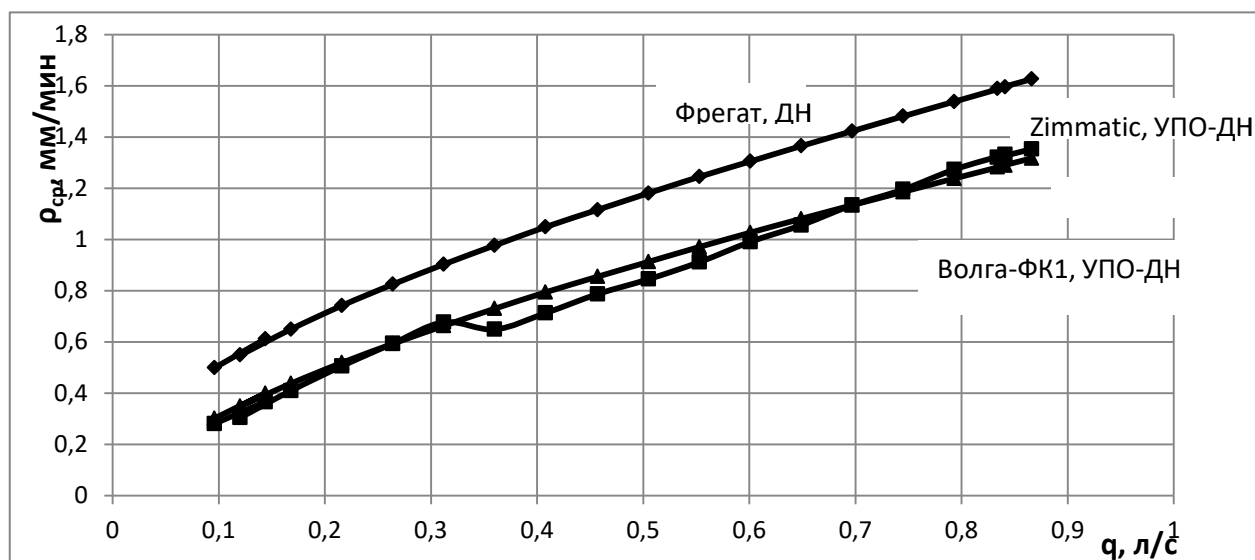


Рисунок 4.5 - Распределение средней интенсивности дождя вдоль ДМ «Волга-ФК1», Zimmatic с насадками *i-wob* и ДМ «Фрегат»

Установка дождевальных насадок на устройствах приземного орошения, увеличивает ширину расстановки насадок на 2,5 м и уменьшает среднюю интенсивность дождя на 23-65 %, по сравнению с ДМ «Фрегат» при установке дождевальных насадок на трубопроводе (таблица 4.4 и рисунок 4.5). Средняя интенсивность ДМ «Волга-ФК1» находится на уровне значений ДМ Zimmatic.

Средняя мгновенная интенсивность дождя модернизированных дождевальных насадок со съёмным дефлектором изменяется вдоль машины от 0,344 до 0,405 мм/мин (таблица 4.4, рисунок 4.6), что 4-4,5 раза меньше, чем

у аппаратов «Фрегат», которая изменяется от 1,45 до 1,78 мм/мин и в 1,35 раза меньше, чем у секторных насадок ДМ «Кубань-ЛК1».

Таблица 4.4 – Средняя и мгновенная интенсивность дождя вдоль ДМ «Волга-ФК1», «Фрегат», «Кубань-ЛК1» и Zimmatic

№ пп	Расход воды ДН на пролете, л/с	Мгновенная интенсивность дождя, мм/мин				Средняя интенсивность дождя, мм/мин		
		«Волга-ФК» ДН	«Кубань» СН	Zimmatic ДН	«Фрегат» СДА	«Фрегат» ДН	Zimmatic УПО-ДН	«Волга-ФК» УПО-ДН
1	0,096	0,344	0,467	0,114	1,45	0,499	0,281	0,302
2	0,144	0,344	0,469	0,129	1,46	0,612	0,366	0,400
3	0,120	0,333	0,452	0,108	1,45	0,549	0,305	0,349
4	0,168	0,333	0,453	0,139	1,47	0,650	0,410	0,438
5	0,216	0,337	0,458	0,165	1,48	0,742	0,506	0,519
6	0,264	0,341	0,463	0,186	1,49	0,825	0,594	0,593
7	0,312	0,346	0,471	0,204	1,50	0,903	0,677	0,663
8	0,360	0,351	0,476	0,162	1,51	0,977	0,649	0,730
9	0,408	0,357	0,485	0,173	1,52	1,049	0,713	0,794
10	0,457	0,361	0,492	0,188	1,61	1,116	0,787	0,855
11	0,505	0,366	0,498	0,196	1,62	1,181	0,845	0,913
12	0,553	0,371	0,506	0,209	1,63	1,245	0,912	0,971
13	0,601	0,376	0,510	0,227	1,65	1,305	0,991	1,027
14	0,649	0,380	0,517	0,239	1,67	1,365	1,056	1,081
15	0,697	0,385	0,524	0,256	1,69	1,423	1,134	1,134
16	0,745	0,390	0,529	0,267	1,71	1,481	1,195	1,186
17	0,793	0,395	0,537	0,284	1,73	1,538	1,273	1,238
18	0,841	0,401	0,544	0,293	1,75	1,595	1,331	1,289
19	0,834	0,401	0,545	0,291	1,74	1,589	1,320	1,283
20	0,866	0,405	0,549	0,294	1,78	1,626	1,353	1,317

Примечание: дождевальными насадками (ДН), среднеструйными дождевальными аппаратами (СДА) и устройствами приземного орошения с дождевальными насадками (УПО–ДН).

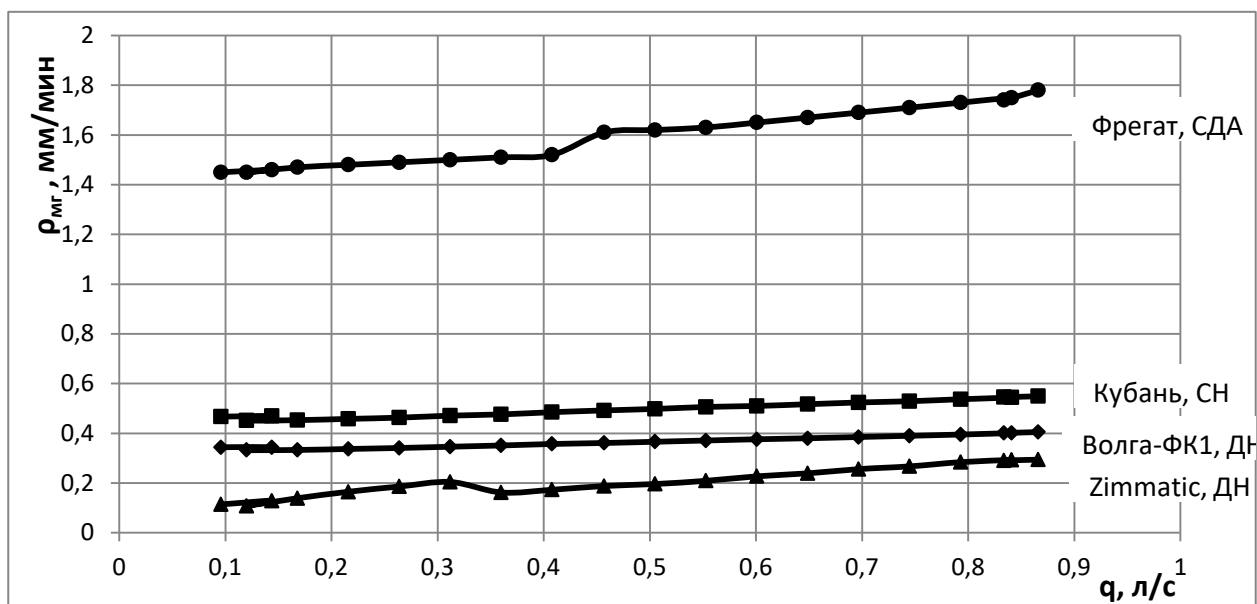


Рисунок 4.6 - Распределение мгновенной интенсивности дождя вдоль ДМ «Волга-ФК1», «Кубань-ЛК1», «Фрегат» и Zimmatic с дождевателями различных типов

Таким образом, дождевальные насадки со съёмным дефлектором при установке на устройствах приземного орошения обеспечивают значительное снижение средней и мгновенной интенсивности дождя, что будет улучшать качество полива и обеспечивать экологическую безопасность орошения.

#### 4.4 Средний диаметр капель дождя при поливе модернизированными дождевальными насадками

Исследованиями установлено, что средний диаметр капель дождя дождевальной насадки со съёмным дефлектором вдоль радиуса полива увеличивается от 0,017-0,026 мм (в начале струи) до 1,5-2,3 мм (в конце струи) и зависит от диаметра сопла и давления (таблица 4.5).

Уравнение для определения диаметра капель в  $i$ -ой точке радиуса имеет вид:

$$d_i = d_{min} + (d_{max} - d_{min}) X_i / R \cdot e^{-0,75 (1 - X_i / R)}, \quad (4.3)$$

где  $X_i / R$  – относительный радиус полёта струи,  $0 \leq X_i / R \leq 1$ .

$d_{min}, d_{max}$  – минимальный и максимальный средний диаметр капель, мм.

Уравнения для расчёта минимального и максимального диаметра капель дождевальных насадок (приложение Б и В) имеют вид:

$$d_{min} = 0,011 \cdot (100P)^{-0,22} \cdot D^{0,71} \quad (4.4)$$

$$d_{max} = 1,75 \cdot (100P)^{-0,35} \cdot D^{0,47} \quad (4.5)$$

Таблица 4.5 – Средний диаметр капель дождя ( $d_{cp.}$ ) вдоль радиуса полива дождевальной насадкой со съёмным дефлектором

D, мм	P, МПа	Средний диаметр капель дождя ( $d_{cp.}$ ) вдоль радиуса полива, мм						
		0 R <sub>i</sub> /R	0,2 R <sub>i</sub> /R	0,4 R <sub>i</sub> /R	0,5 R <sub>i</sub> /R	0,7 R <sub>i</sub> /R	0,9 R <sub>i</sub> /R	1 R <sub>i</sub> /R
4	10	0,017	0,180	0,395	0,527	0,846	1,255	1,499
4	20	0,015	0,142	0,311	0,414	0,664	0,984	1,176
4	30	0,014	0,124	0,270	0,36	0,576	0,854	1,020
5	10	0,020	0,201	0,440	0,586	0,940	1,394	1,665
5	20	0,018	0,159	0,346	0,460	0,738	1,094	1,306
5	30	0,016	0,138	0,301	0,400	0,640	0,949	1,133
6	10	0,023	0,220	0,480	0,639	1,024	1,519	1,814
6	20	0,020	0,174	0,378	0,502	0,804	1,192	1,423
6	30	0,018	0,152	0,332	0,436	0,698	1,034	1,235
8	10	0,029	0,253	0,551	0,732	1,173	1,739	2,077
8	20	0,025	0,201	0,434	0,576	0,921	1,364	1,629
8	30	0,022	0,175	0,377	0,500	0,801	1,184	1,414
10	10	0,034	0,283	0,613	0,815	1,304	1,931	2,306
10	20	0,029	0,224	0,483	0,641	1,024	1,516	1,809
10	30	0,026	0,196	0,420	0,557	0,889	1,315	1,570

Изменение среднего диаметра капель вдоль радиуса полива серийной дефлекторной насадки и дождевальной насадки со съёмным дефлектором, а также среднеструйного дождевального аппарата с расходом воды 0,62 л/с показано в таблице 4.6 и на рисунке 4.7. Из графика видно, что средний диаметр капель дождевальной насадки в начальной части радиуса полива равен 0,1-0,2 мм, в середине – 0,5 мм, в концевой части – 1,0-1,2 мм.

Средний диаметр капель дождя среднеструйных дождевальных аппаратов изменяется от 0,5 мм (в начале радиуса полива) до 2,3 мм (в конце радиуса) и он больше в 1,8-2,0 раза, чем у дождевальных насадок.

Таблица 4.6 – Средний диаметр капель дождя ( $d_{cp.}$ ) вдоль радиуса полива (расход воды 0,62 л/с) дождевальной насадкой со съёмным дефлектором и среднеструйного аппарата

$D$ , мм	$P$ , МПа	Средний диаметр капель дождя ( $d_{cp.}$ ) вдоль радиуса полива, мм						
		0 $R_i/R$	0,2 $R_i/R$	0,4 $R_i/R$	0,5 $R_i/R$	0,7 $R_i/R$	0,9 $R_i/R$	1 $R_i/R$
5 (ДНс)	0,30	0,019	0,108	0,321	0,426	0,682	1,011	1,209
5 (ДНм)	0,30	0,02	0,11	0,33	0,43	0,69	1,1	1,22
5,1 (СДА)	0,34	0,50	0,62	0,85	1,0	1,40	1,95	2,32

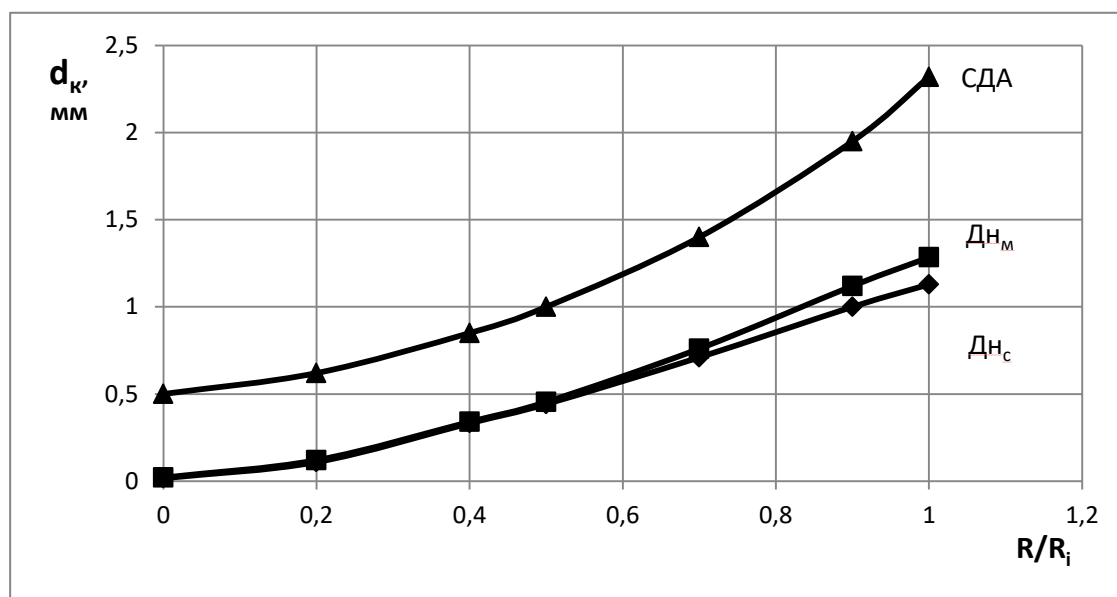


Рисунок 4.7 – Средний диаметр капель вдоль относительного радиуса полива дождевальной насадки серийной (ДНс) и модернизированной (ДНм) и среднеструйного аппарата (СДА) при расходе воды 0,62 л/с

Изменение среднего диаметра капель вдоль трубопровода ДМ «Волга-ФК1» показано в таблице 4.7 и на рисунке 4.8. Дождевальные насадки ДМ «Волга-ФК1» формируют мелкокапельный дождь со средним диаметром ка-

пель 0,4-0,5 мм (в начале трубопровода) и 0,7-0,9 мм (в его конце), что в 1,5-2 раза меньше, чем у дождевальных насадок *i-wob* и на 30 % меньше, чем у секторных насадок ДМ «Кубань-ЛК1».

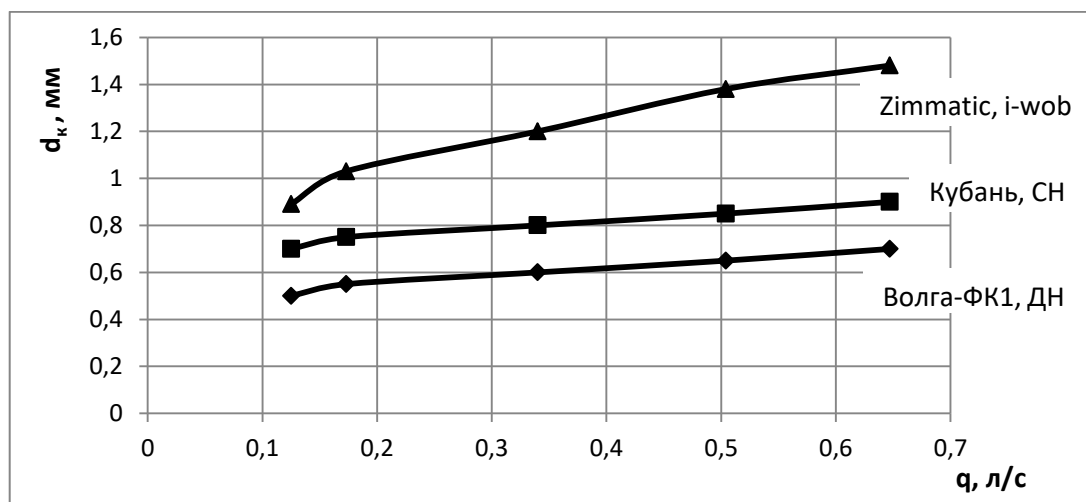


Рисунок 4.8 – Распределение диаметра капель вдоль ДМ «Волга-ФК1», ДМ «Кубань-ЛК1» с секторными насадками и ДМ Zimmatic

Таблица 4.7 – Изменение среднего диаметра капель дождя вдоль ДМ «Волга-ФК1», Zimmatic и «Кубань-ЛК1»

Дождевальная машина	Средний диаметр капель дождя (мм) при расходе воды дождевателей, л/с				
	0,125	0,173	0,340	0,504	0,647
Zimmatic, i-wob	0,89	1,03	1,20	1,38	1,48
«Кубань-ЛК», СН	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90
«Волга-ФК1», ДН	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70

Увеличение ширины расстановки дождевальных насадок, снижение среднего диаметра капель и интенсивности дождя на ДМ «Волга-ФК1» приводит к уменьшению средней мощности дождя в 1,5-2 раза по сравнению с насадками *i-wob* машины Zimmatic (таблица 4.8, рисунок 4.9).

Таблица 4.8 – Средний диаметр капель дождя ( $d$ ), средняя интенсивность ( $\rho$ ) и мощность ( $N$ ) дождя вдоль ДМ «Волга-ФК1» и Zimmatic

Дождевальная машина	Параметры дождя	Расход воды дождевателей, л/с				
		0,125	0,173	0,340	0,504	0,647
Zimmatic, <i>i-wob</i>	$d$ , мм	0,89	1,03	1,20	1,38	1,48
	$\rho$ , мм/мин	0.366	0.410	0.648	0.847	1.056
	$N$ , Вт/м <sup>2</sup>	0.045	0.059	0.109	0.163	0.218
«Волга-ФК1», ДН	$d$ , мм	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70
	$\rho$ , мм/мин	0,400	0,438	0,730	0,919	1,084
	$N$ , Вт/м <sup>2</sup>	0,028	0,033	0,061	0,083	0,106

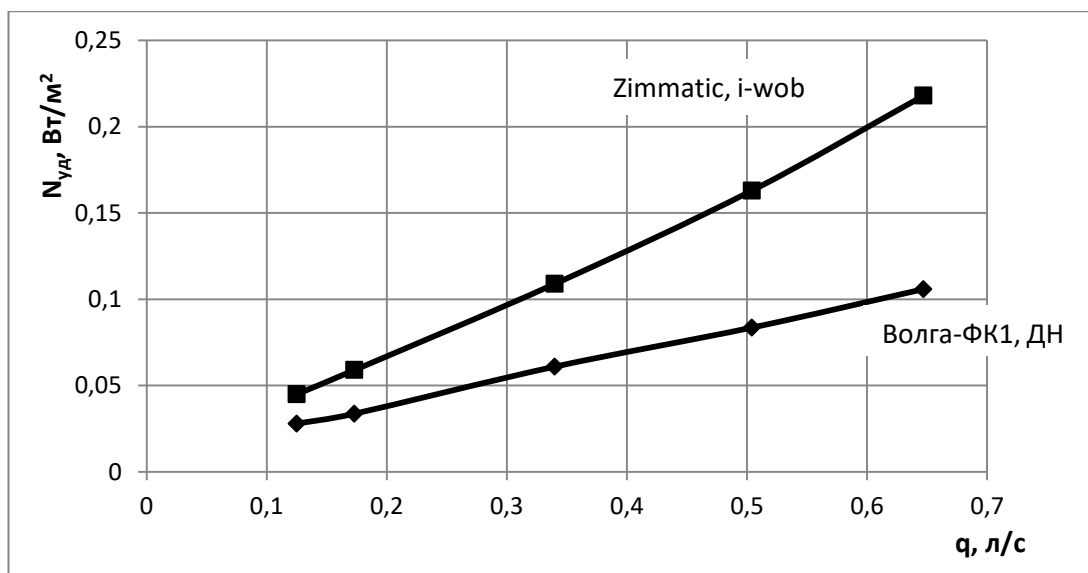


Рисунок 4. 9 – Изменение удельной мощности дождя вдоль ДМ «Волга-ФК1» и Zimmatic

Модернизированные дождевальные насадки со съёмным дефлектором диаметром сопла 3-10 мм при давлении 0,06-0,3 МПа формируют мелкокапельный дождь с каплями диаметром 0,5-0,9 мм, что в 1,5-2 раза меньше, чем у дождевальных насадок *i-wob* и на 30 % меньше, чем у секторных насадок ДМ «Кубань-ЛК1». Машина «Волга-ФК1» формирует дождь, где средняя



мощность дождя в 1,5-2 раза меньше по сравнению с насадками *i-wob* ДМ Zimmatic.

#### 4.5 Устойчивость усовершенствованной дождевальной насадки в вертикальной плоскости при поливе и масса стабилизационного груза

Дождевальная насадка со съёмным дефлектором формирует дождь однородной структуры по всему кругу полива, так как здесь нет «усов» (рисунок 3.15).

Равномерное распределение дождя по краю дефлектора минимизирует возникновение реактивного момента, возникающего при поливе.

Исследования показывают, что для устойчивого вертикального положения насадки в начале машины при расходе воды 0,096-0,4 л/с (диаметр сопла 2,2-5 мм) достаточно веса переходника (0,3 кг), включающего стальную трубу длиной 0,3 м и переходник (рисунок 4.10-4.11).

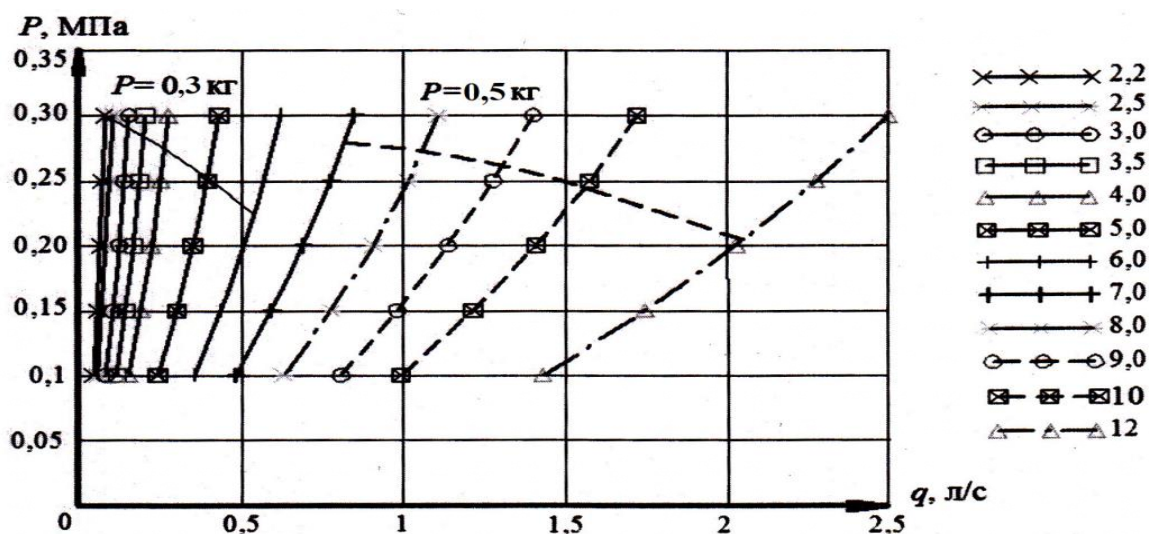


Рисунок 4.10 – Требуемая массы груза для вертикального положения дождевальной насадки и максимальное значение давления для определенного диаметра сопла



Рисунок 4.11 - Монтаж груза на переходнике во второй половине трубопровода машины при расходе воды дождевальной насадки 0,6-1,8 л/с

Во второй половине трубопровода при расходе воды 0,5-1,7 л/с (диаметр сопла 6-10 мм) достаточен стабилизационный груз весом 0,5 кг, который монтируется на переходник (таблица 4.9, рисунок 4.10 - 4.11).

Таблица 4.9 – Необходимая масса груза ( $M$ ) для вертикального положения дождевальной насадки и максимальное значение давления ( $P$ ) в зависимости от диаметра сопла ( $D$ )

$D$ , мм	2,2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P$ , МПа	0,3	0,27	0,25	0,2	0,3	0,28	0,27	0,25	0,2
$M$ , кг	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Дождевальная насадка со съёмным дефлектором обеспечивают вертикальное положение при небольших значениях груза - 0,3 - 0,5 кг при изменении диаметра сопла от 3 до 10 мм. Это будет способствовать повышению равномерности полива машины.

#### Выводы по главе 4

1. Исследованиями уточнены зависимости для расчёта расхода воды (4.1) и дальности полета струй (4.2) дождевальной насадки со съёмным дефлектором

от конструктивно-технологических параметров (диаметр сопла, давление на выходе струи из сопла и высоты установки насадки относительно поверхности почвы). При установке дождевальных насадок вдоль трубопровода через 2,6 м достигается хорошее перекрытие струй, что будет способствовать повышению равномерности машины.

2. Установлены формулы (4.3-4.5) для расчёта среднего диаметра капель дождя в любой точке радиуса полива дождевальной насадкой. Средняя диаметр капель дождя дождевальных насадок со съёмным дефлектором составляет 0,5-0,86 мм, что в 1,5-2,0 раза меньше, чем у насадок *i-wob* ДМ Zimmatic, работающих при низком давлении (всего 0,1 МПа) и на 30 % меньше, чем у секторных насадок ДМ «Кубань-ЛК». Машина «Волга-ФК1» формирует дождь, где средняя мощность дождя в 1,5-2 раза меньше по сравнению с насадками *i-wob* Zimmatic.

3. Дождевальная насадка со съёмным дефлектором формирует однородный дождь по всему контуру полива, при этом снижается сила отклонения насадки от вертикали. Устойчивое вертикальное положение насадки при поливе в первой половине трубопровода с расходом воды 0,1-0,5 л/с обеспечивается стальным переходником (труба Ду-15: длиной 0,3 м, массой 0,3 кг), а во второй половине трубопровода с расходом воды 0,6-2 л/с – (труба Ду-15: длиной 0,3 м, массой трубы и груза 0,5 кг).

4. Средняя интенсивность дождя ДМ «Волга-ФК1» с УПО-ДН, установленными на шпренгелях и открылках, соответствует ДМ Zimmatic и в 1,23-1,65 раза меньше, чем у ДМ «Фрегат» с дефлекторными насадами, установленными на трубопроводе. Мгновенная интенсивность дождя ДМ «Волга-ФК1» с УПО-ДН в 4-5 раз меньше, чем у аппаратов ДМ «Фрегат» и в 1,5 раза меньше, чем у секторных насадок ДМ «Кубань-ЛК».

## **5 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МНОГООПОРНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ «ВОЛГА-ФК1» С ПОЛИЭТИЛЕНОВЫМ ТРУБОПРОВОДОМ**

### **5.1 Расход воды в зависимости от давления на входе машины и возможность его регулирования**

Для оценки технико-экономических и качественных показателей полива были проведены испытания опытного образца 4-опорной электрифицированной дождевальной машины длиной 200 м, в том числе, длина консольной части – 16 м. Испытания проходили на орошаемом участке ОПХ «ВолжНИИ-ГиМ».

На консольной части машины была установлена концевая секторная насадка с плоским отражателем. Радиус захвата дождем машины составил 210 м, что соответствует площади полива машины данной длины (13,8 га). Расход воды при рабочем давлении 0,35 МПа составил 40 л/с (таблица 5.1-5.3). Расстояние от поверхности земли до шпренгелей фермы – 2,7-3,1 м.

Подача воды в дождеватели и сливные клапаны осуществлялась по стальному трубопроводу через муфты, а по полиэтиленовому - через седелки. Максимальный расход воды машины (диаметр трубопроводов - 102 и 110 мм) составил 43 л/с при давлении 0,4 МПа.

Карта настройки дождевальных насадок ДМ «Волга-ФК1» приведена в таблице 5.1.

Расход воды трехопорной ДМ «Волга-ФК1» при рабочем давлении 0,2 МПа составил 16,9 л/с (таблица 5.2)

Таблица 5.1 – Схема установки дождевальных насадок на ДМ «Волга-ФК1»

Расстояние от неподвижной опоры $R$ , м	Относительная площадь круга $R_i^2$ , м <sup>2</sup>	Относительная площадь кольца $R_{i+1}^2 - R_i^2$	Расход воды на трубе, л/с	Число насадок на трубе, шт.	Расход воды насадки, л/с	Давление в трубопроводе $P_{тр}$ , МПа	Диаметр сопла, мм
10,3	106,09	106,09	0,094	1	0,096	0,34	2,29
20,6	424,36	318,27	0,282	2	0,144	0,32	2,84
30,9	954,81	530,45	0,470	4	0,120	0,3	2,64
41,2	1697,44	742,63	0,659	4	0,168	0,28	3,18
51,5	2652,25	954,81	0,847	4	0,216	1,27	3,64
1 пролёт							
61,8	3819,24	1166,99	1,035	4	0,264	0,26	4,06
72,1	5198,41	1379,17	1,223	4	0,312	0,255	4,43
82,4	6789,76	1591,35	1,411	4	0,360	0,25	4,79
92,7	8593,29	1803,53	1,599	4	0,408	0,25	5,09
103	10609,00	2015,71	1,788	4	0,457	0,245	5,41
2 пролёт							
113,3	11881,00	1272,00	1,128	4	0,505	0,24	5,72
123,6	13225,00	1344,00	1,192	4	0,553	0,238	5,99
133,9	14641,00	1416,00	1,256	4	0,601	0,235	6,28
144,2	16129,00	1488,00	1,320	4	0,649	0,23	6,56
154,5	17689,00	1560,00	1,383	4	0,697	0,225	6,83
3 пролёт							
164,8	19321,00	1632,00	1,447	4	0,745	0,22	7,11
175,1	21025,00	1704,00	1,511	4	0,793	0,215	7,37
185,4	22801,00	1776,00	1,575	4	0,841	0,21	7,64
4 пролёт							
192,7	26017,69	3216,69	2,853	3	0,834	0,20	7,70
200	29343,69	3326,00	2,950	3	0,866	0,20	7,85
210	33087,61	3743,92	3,320	1	3,71	0,20	16,2
Расход воды машины, л/с			40,0				

Таблица 5.2 – Расход воды 3-опорной дождевальной машины «Волга-ФК1» при давлении 0,2 МПа

Номер дождевателя	Диаметр сопла, мм	Время заполнения мерного бака 50 л, с	Расход воды дождевателя, л/с
1	2,76		0,127
2	3,0	280,0	0,178
3	3,0		0,178
4	3,65	305,0	0,1639
5	3,65		0,1639
6	4,35	150,0	0,333
7	4,35		0,333
8	5,0	130,0	0,384
9	5,0		0,384
10	5,5	130,0	0,384
11	5,5		0,384
12	6,0	115,0	0,434
13	6,0		0,434
14	6,5	105,0	0,476
15	6,5		0,476
16	7,0	85,0	0,588
17	7,0		0,588
18	7,5	75,0	0,666
19	7,5		0,666
20	8,0	69,0	0,724
21	8,0		0,724
22	8,3	68,0	0,735
23	8,3		0,735
24	8,7	69,0	0,724
25	8,7		0,724
26	6,4	105,0	0,476
27	6,4		0,476
28	6,4		0,476
29	6,6	92,0	0,652
30	6,6		0,652
31	6,6		0,652
32	13,6		2,94
Суммарный расход воды дождевальной машины			16,9

Дождевальная машина «Волга-ФК1» с устройствами приземного орошения и дождевальными насадками, настроенными по разработанным картам, обеспечивает требуемый расход воды 40 л/с при низком напоре ( $H=35$  м) (таблица 5.3, рисунок 5.1).

Таблица 5.3 – Расход воды 4-опорной дождевальнoй машины «Волга-ФК1» при давлении 0,35 МПа

Номер дождевателя	Диаметр сопла, мм	Число насадок на трубе, шт.	Время заполнения мерного бака 50 л, с	Расход воды дождевателя, л/с	Расход воды на трубе, л/с
1	2,29	1	520	0,095	0,094
2,3	2,84	2	347	0,141	0,282
4-7	2,64	4	416	0,120	0,470
8-11	3,18	4	297	0,168	0,659
12-15	3,64	4	231	0,216	0,847
16-19	4,06	4	189	0,264	1,035
20-23	4,43	4	160	0,312	1,223
24-27	4,79	4	138	0,360	1,411
28-31	5,09	4	122	0,408	1,599
32-35	5,41	4	109	0,457	1,788
36-39	5,72	4	99	0,505	1,128
40-43	5,99	4	90	0,553	1,192
44-47	6,28	4	83	0,601	1,256
48-51	6,56	4	77	0,649	1,320
52-55	6,83	4	71	0,697	1,383
56-59	7,11	4	67	0,745	1,447
60-63	7,37	4	63	0,793	1,511
64-67	7,64	4	59	0,841	1,575
68-70	7,70	3	59	0,834	2,853
71-73	7,85	3	57	0,866	2,950
74	16,2	1	13,4	3,71	3,320
			Расход воды машины		40,0

При изменении давления на входе в машину в пределах 0,2 - 0,4 МПа расход воды ДМ «Волга-ФК1» изменяется от 30 до 43 л/с (таблица 5.4, рисунок 5.1).

Таблица 5.4 – Изменение расхода воды ДМ «Волга-ФК1» в зависимости от напора на входе

Напор на входе, м. вод. ст.	20	25	30	35	40
Расход воды машины, л/с	30,2	33,8	37	40	42,7

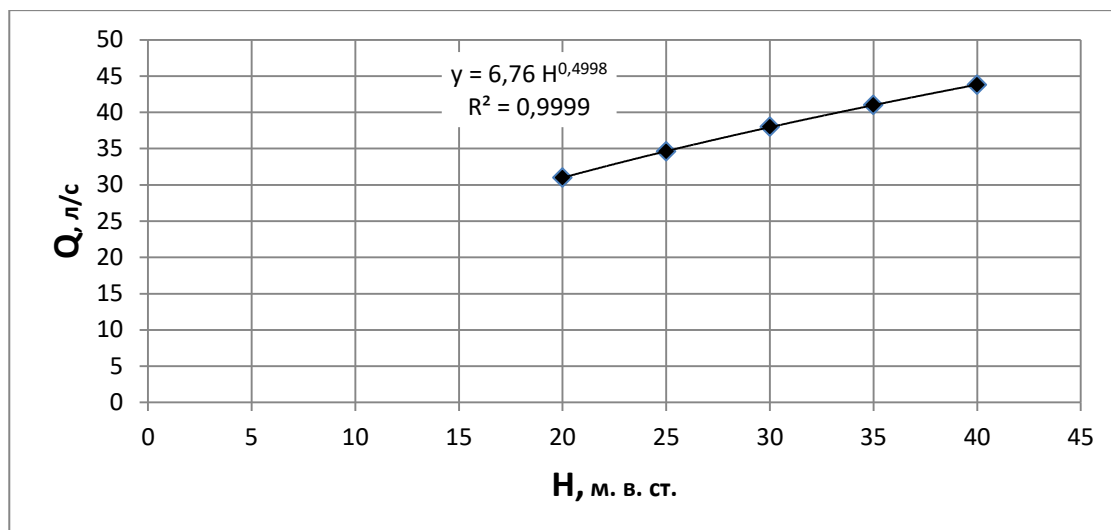


Рисунок 5.1 – Изменение расхода воды ДМ «Волга-ФК1» в зависимости от напора на входе

При изменении напора на входе в машину можно регулировать расход воды, что можно использовать для настройки насосных агрегатов на оптимальный режим работы для экономии электроэнергии на поливе.

## 5.2 Равномерность полива дождевальными машинами «Волга-ФК1»

Для обеспечения равномерного полива машина была снабжена устройствами приземного орошения (УПО) с дождевальными насадками со съёмным дефлектором и стабилизационным грузом.

Дождевальные насадки для ветроустойчивого полива формируют угол вылета струи  $15^\circ$  к горизонту и устанавливаются на высоте 1,6-1,7 м от поверхности почвы. В районе опорных тележек можно устанавливать оборудование «сухая колея» с секторными насадками.

Результаты исследований ДМ «Волга-ФК1» с УПО с дождевальными насадками в ОПХ «ВолжНИИГиМ» приведены в таблицах 5.5-5.8 и показаны на рисунках 5.2-5.5. Последняя тележка с пневматическими колёсами диа-

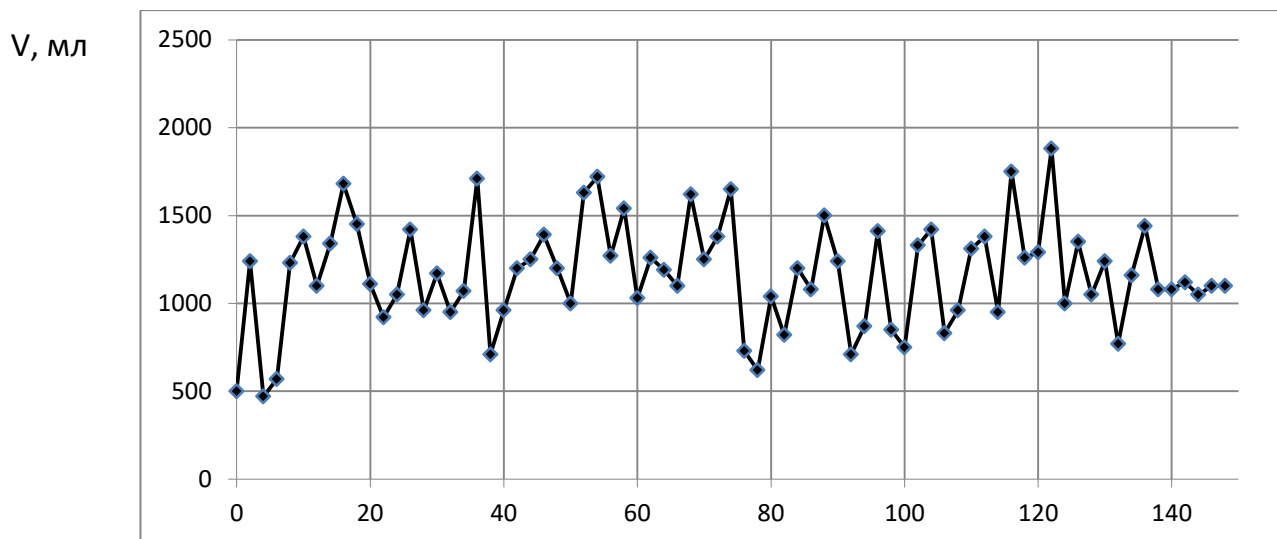


метром 1,0 м обеспечивала максимальную скорость движения 1,51 м/мин при установке на шкафе управления 100-процентного режима работы.

При поливной норме 600 м<sup>3</sup>/га (режим работы – 18 %) скорость движения последней тележки составила 0,25 м/мин скорость ветра 4,8-5 м/с  $K_{эф.п}=0,707$ ; (таблица 5.5, Приложение Г, таблица 1, рисунок 5.2 и 5.3).

Таблица 5.5 – Объём воды в осадкомерах после прохода ДМ «Волга-ФК1» (учащенная схема расстановки УПО с дождевальными насадками; скорость движения последней тележки – 0,25 м/мин; норма полива – 600 м<sup>3</sup>/га; скорость ветра 4,8-5 м/с;  $K_{эф.п}=0,707$ ;  $K_{н.п.}=0,171$ ;  $K_{из.п.}=0,122$ )

Расстояние от неподвижной опоры, м	Объём воды в дождемере, мл	Расстояние от неподвижной опоры, м	Объём воды в дождемере, мл	Расстояние от неподвижной опоры, м	Объём воды в дождемере, мл
0	500	52	1630	104	1420
2	1240	54	1720	106	830
4	470	56	1270	108	960
6	570	58	1540	110	1310
8	1230	60	1030	112	1380
10	1380	62	1260	114	950
12	1100	64	1190	116	1750
14	1340	66	1100	118	1260
16	1680	68	1620	120	1290
18	1450	70	1250	122	1880
20	1110	72	1380	124	1000
22	920	74	1650	126	1350
24	1050	76	730	128	1050
26	1420	78	620	130	1240
28	960	80	1040	132	770
30	1170	82	820	134	1160
32	950	84	1200	136	1440
34	1070	86	1080	138	1080
36	1710	88	1500	140	1080
38	710	90	1240	142	1120
40	960	92	710	144	1050
42	1200	94	870	146	1100
44	1250	96	1410	148	1100
46	1390	98	850		
48	1200	100	750		
50	1000	102	1330		



$n$ , шт.

Рисунок 5.2 – Распределение объёма воды в осадкомерах вдоль ДМ «Волга-ФК1» (учащенная схема расстановки УПО и дождевальных насадок со съёмным дефлектором)

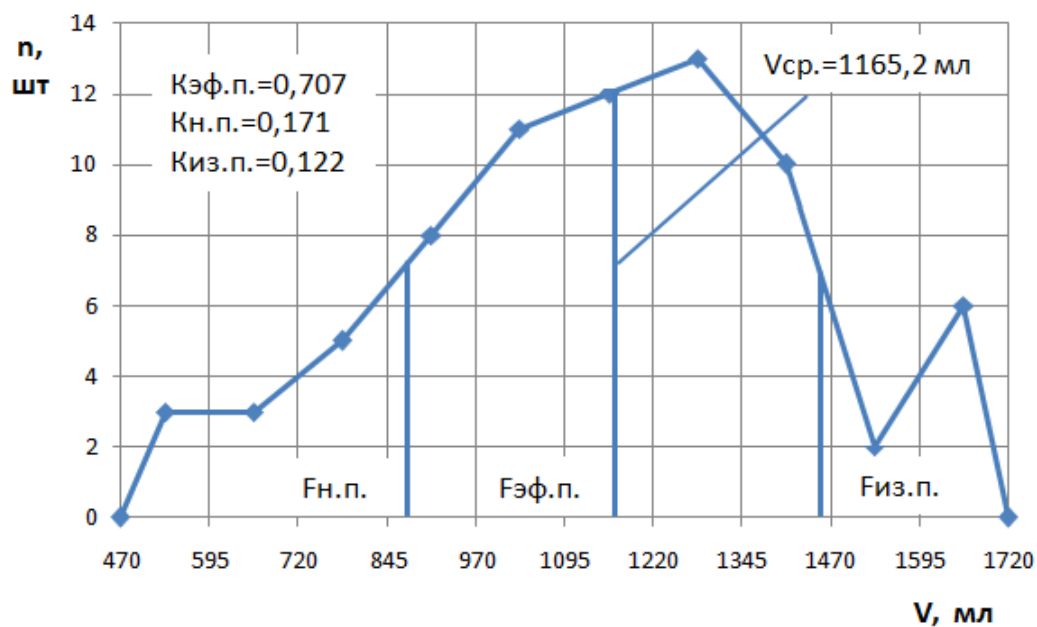


Рисунок 5.3 – График для определения коэффициентов эффективного полива ДМ «Волга-ФК1» при норме орошения  $600 \text{ м}^3/\text{га}$

При поливной норме  $200 \text{ м}^3/\text{га}$  (режим работы последней тележки – 55 %) скорость движения последней тележки составила  $0,71 \text{ м/мин}$ , скорость ветра –  $5,5\text{-}6 \text{ м/с}$ ,  $K_{\text{эф.п.}}=0,667$  (Приложение Г, таблица 2, 3; рисунок 5.4 и 5.5).

Устройства приземного орошения модернизированными насадками на высоте  $1,6 \text{ м}$  от поверхности почвы снижают высоту подъёма и ветровую нагрузку на дождевое облако. Дождевальная машина «Волга-ФК1» обеспечивает хорошую равномерность полива при уменьшении сноса дождя ветром. Коэффициент эффективного полива ( $K_{\text{эф.п.}}$ ) ДМ «Волга-ФК1» при небольшом ветре изменяется в пределах  $0,84\text{-}0,80$  и находится в пределах от  $0,75$  до  $0,67$  - при средней скорости ветра для Саратовской области  $3,5\text{-}5,0 \text{ м/с}$  (таблица 5.6, рисунок 5.6) при установке дождевальных насадок на УПО через  $2,6 \text{ м}$ . Что соответствует Zimmatic и превышает равномерность полива ДМ «Кубань-ЛК1» и ДМ «Фрегат» со среднеструйными аппаратами и дефлекторными насадками.

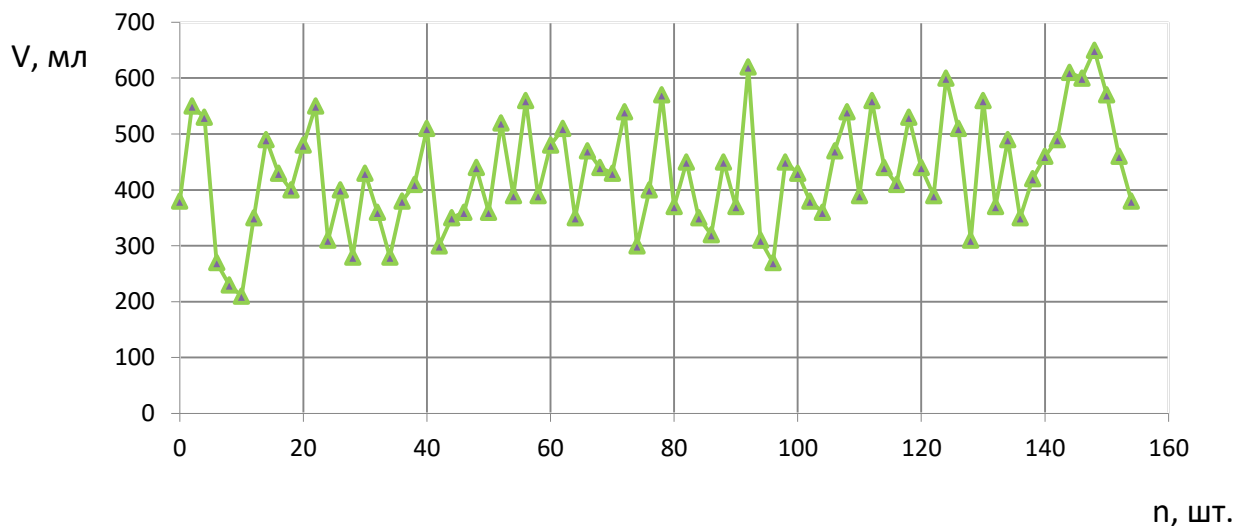


Рисунок 5.4 – Распределение объёма воды в осадкомерах вдоль ДМ «Волга-ФК1» при норме полива  $200 \text{ м}^3/\text{га}$

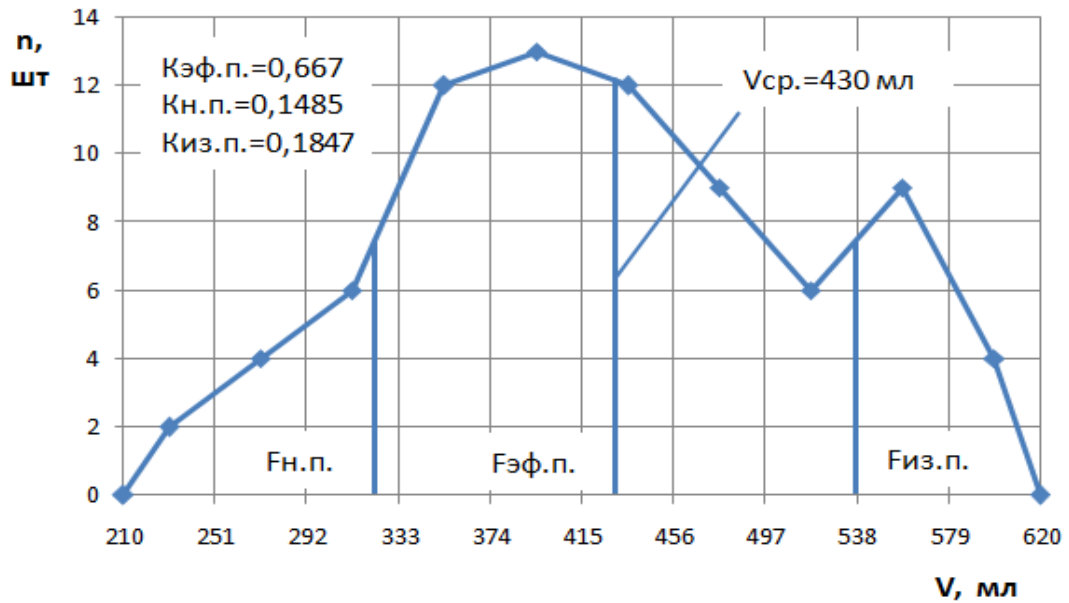


Рисунок 5.5 – График для определения коэффициентов эффективного полива ДМ «Волга-ФК1» при норме  $200 \text{ м}^3/\text{га}$

Таблица 5.6 - Коэффициент эффективного полива различных дождевальных машин в зависимости от скорости ветра и вида дождевателя

Тип дождевальной машины	Вид дождевателя	Скорость ветра, м/с					
		0	1	2	3	4	5
Фрегат	СДА	0,78	0,72	0,69	0,62	0,58	0,53
Фрегат	ДН	0,72	0,69	0,6	0,5	0,4	0,3
Кубань-ЛК1	СН	0,82	0,80	0,78	0,74	0,67	0,60
Zimmatic	ДН	0,86	0,84	0,83	0,82	0,78	0,72
Волга-ФК1	УПО-ДН	0,84	0,82	0,81	0,80	0,76	0,70

Примечание: СДА – среднеструйные аппараты, ДН - дефлекторные насадки установленные в штуцеры, через 7,5 и 10 м; СН - секторные насадки, установленные через 2,6 м; УПО-ДН – устройства приземного орошения с дождевальными насадками, установленные через 2,5 м.

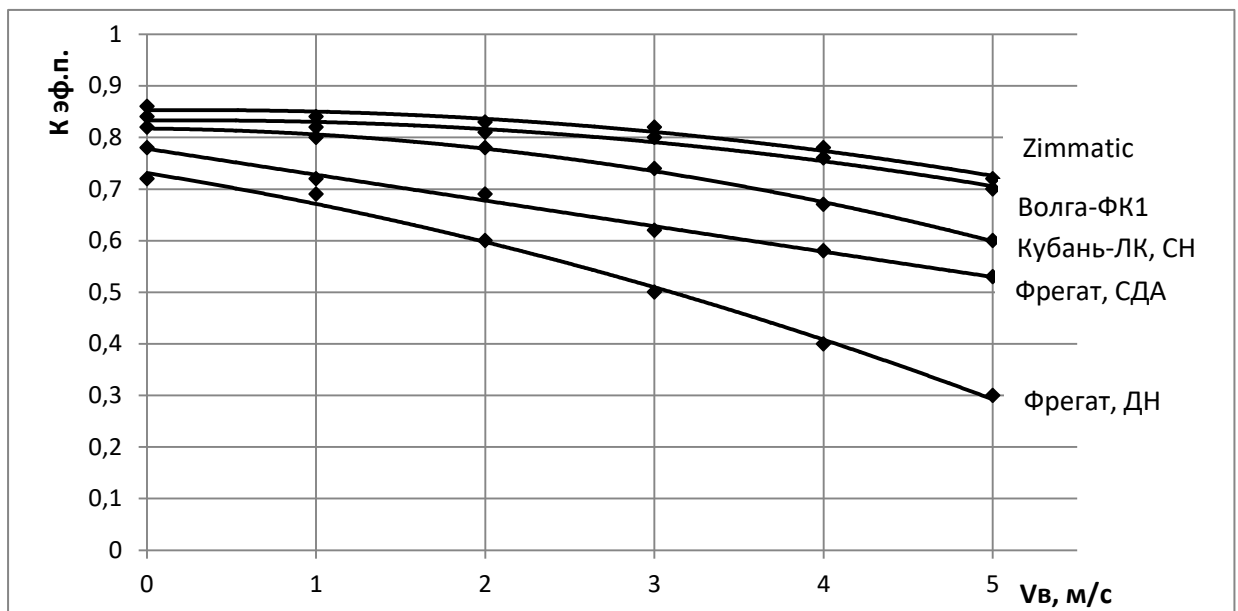


Рисунок 5.6 – Изменение равномерности полива ( $K_{эф.п}$ ) различных дождевальных машин в зависимости от скорости ветра

Таким образом, дождевальная машина «Волга-ФК1» с УПО и дождевальными насадками обеспечивает повышение равномерности полива при скорости ветра 3-4 м/с до 0,75-0,8, или на 6,6-14,2 % больше, в сравнении с ДМ «Фрегат» со среднеструйными аппаратами и на 20-35 % больше ДМ «Фрегат» с дефлекторными насадками, установленными в стандартные штуцеры, и находится на уровне иностранных дождевальных машин Zimmatic.

### 5.3 Потери воды на испарение и снос ветром при поливе ДМ «Волга-ФК1»

Согласно многочисленным исследованиям, проведенным М. С. Мансуровым, А. П. Клепальским, К. М. Мустафаевой, В. Е. Хабаровым, М. И. Назаровым, Н. Ф. Рыжко и др.[18] установлено, что потери воды на испарение и снос ветром ( $E_{ис}$ ) определяются высотой подъема дождевого облака над поверхностью почвы, средним диаметром капель дождя, средней и мгновенной интенсивностью дождя и др.

Исследованиями установлено, что при изменении угла направления ветра относительно трубопровода дождевальной машины также изменяется величина  $E_{ис}$ . Коэффициент ( $K_{\alpha}$ ), учитывает изменение величины испарения и сноса дождя в зависимости от угла  $\alpha$  между трубопроводом машины и направле-

нием ветра. Для многоопорных дождевальных машин, согласно исследованиям [97, 98], данный коэффициент описывается формулой:

$$K_{\alpha} = 1 - 0,009 (90 - \alpha),$$

где  $\alpha$  - угол между направлением ветра и трубопроводом машины, град.

Установлено также, что величина ( $E_{ис}$ ) также зависит от климатических условий (температуры воздуха ( $t$ ) и скорости ветра ( $Vв$ ) и относительной влажности воздуха ( $\varphi$ )). Комплексный показатель напряженности климата ( $\Phi$ ), который предложил учитывать В. Е. Хабаров [124]  $\Phi = t \cdot (1 - \varphi/100) \cdot (v_{в} + 1)$  наиболее полно отражает погодные условия опытов.

Результаты исследований ( $E_{ис}$ ) для ДМ «Волга-ФК1», «Фрегат», «Zimmatic» и «Кубань-ЛК1» в зависимости от коэффициента метеорологической напряженности климата ( $\Phi$ ) приведены в таблице 5.7 и показаны на рисунке 5.7.

Таблица 5.7 - Потери воды на испарение и снос ветром для ДМ «Волга-ФК1», «Фрегат», Zimmatic и «Кубань-ЛК1»

Климатические параметры погоды				Тип дождевальной машины и дождевателей			
Температура воздуха, град	Относительная влажность воздуха, %	Скорость ветра м/с	Коэффициент метеорологической напряженности, $\Phi$	«Фрегат», УПО-ДН	«Кубань-ЛК1», СН	Zimmatic, УПО-ДН	«Волга-ФК1», УПО-ДН
18	60	2,0	21,6	3,0	-		-
17	59	1,8	19,5	-	6,2		-
19	58	1,7	21,5	-	-	3,2	3,6
24	52	2,5	40,3	4,5	-		-
23	51	2,3	37,1		8,1		
22	48	2,6	41,1	-	-	4,8	5,0
25	40	2,9	58,5	5,0	-		-
26	39	2,8	60,2		12,3		
26	38	2,7	59,6	-	-	6,3	6,5
29	36	3,3	79,8	7,2	-		-
28	35	3,4	80,0		16,1		
29	34	3,2	80,3	-	-	7,9	8,1
30	34	4,1	100,9	9,1	-		-
29	33	4,3	102,9		20,1		
28	35	4,5	100,1	-	-	9,8	10,2

Примечание: СН – секторные насадки; ДН – дождевальные насадки.

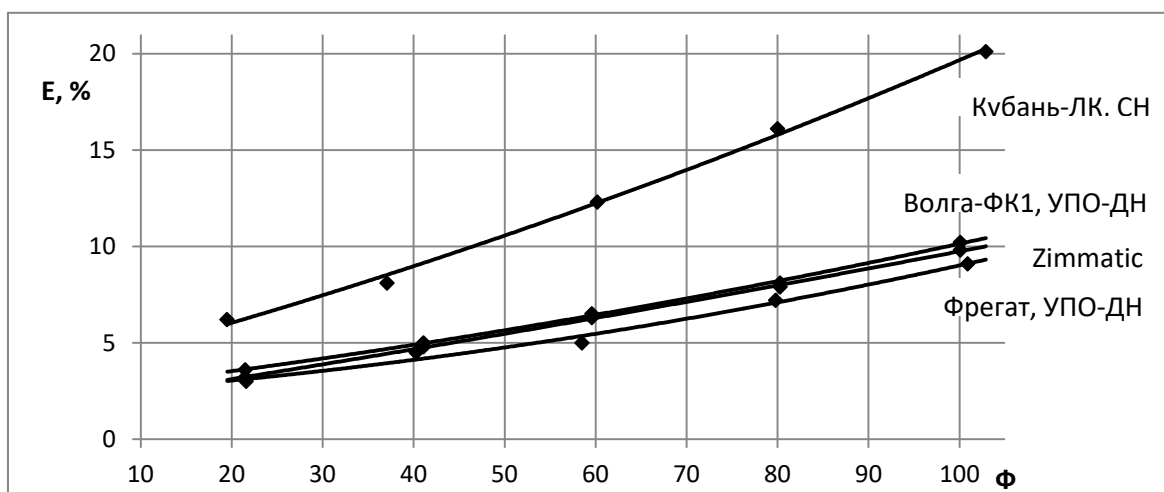


Рисунок 5. 7 – Изменение потерь на испарение и снос ветром для ДМ «Волга-ФК1», «Фрегат», Zimmatic и «Кубань-ЛК1» в зависимости от коэффициента метеорологической напряженности климата ( $\Phi$ )

Таким образом, потери воды на испарение и снос ветром при поливе ДМ «Волга-ФК1» с УПО уменьшаются до 3-10 % за счёт снижения сноса дождя при уменьшении высоты подъёма дождевого облака с 4-5 м до 1,1-3,5 м над почвой и до 1,0-1,5 м над растениями и оптимизации распыла струи.

#### 5.4 Оценка продуктивности сельскохозяйственных культур и экономической эффективности усовершенствованных дождевальных машин

Многочисленными исследованиями (Колесников Ф.И., Ерхов Н.С., Рыжко Н.Ф. и др.) установлено, что урожайность сельскохозяйственных культур зависит от: выдерживания сезонной оросительной нормы оптимальной величине (для получения оптимальной влажности почвы за вегетационный период); равномерности полива (коэффициента вариации) и удельной мощности дождя. Чем выше равномерность полива и меньше удельная мощность дождя, тем выше урожайность культур.

Для уменьшения мощность дождя дождевальных машин ферменной конструкции необходимо применять дождевальные насадки со съёмным дефлектором, которые формируют более мелкий дождь (на 30 %). На ино-

странных дождевальных машинах необходимо устанавливать дождевальные насадки на открьлках и использовать, устанавливаемые перед иностранными дождевателями регуляторы давления, работающие при давлении 0,15-0,20 МПа (вместо 0,1 МПа).

Также необходимо применять усовершенствованные УПО (рисунок 2.9), которые по мере роста растений регулируют высоту установки дождевателя (от 1 до 3 м), тем самым уменьшают потери воды на испарение и снос. Устройства приземного орошения увеличивают ширину расстановки дождевателей от 2,5 до 5 м, снижают среднюю интенсивность дождя в конце ДМ «Волга-ФК1» с 1,33 до 0,82 мм/мин (на 63 %) и мощность дождя на ДМ «Волга-ФК1» и «Вауер» в 2,1-2,2 раза (таблица 5.8).

Таблица 5.8 - Агротехнические характеристики полива дождевальных машин с серийными дождевателями и модернизированными УПО

Расстояние от центра вращения, м	Дождевальная машина – тип дождевателя	$q_n$ , л/с	$\rho_{ср.}$ , мм/мин	$d_c$ , мм	$N$ , Вт/м <sup>2</sup>
100	Волга-ФК1 - СН	0,173	0,49	0,65	0,044
	Волга-ФК1 - УПО		0,31	0,55	0,023
200	Волга-ФК1 - СН	0,344	0,88	0,8	0,10
	Волга-ФК1 - УПО		0,51	0,6	0,042
400	Волга-ФК1 - СН	0,647	1,339	0,9	0,168
	Волга-ФК1 - УПО		0,82	0,7	0,08
100	Bauer - <i>i-wob</i>	0,173	0,4	0,97	0,054
	Bauer - УПО		0,31	0,55	0,023
200	Bauer - <i>i-wob</i>	0,344	0,6	1,05	0,106
	Bauer - УПО		0,51	0,6	0,042
400	Bauer - <i>i-wob</i>	0,647	1,05	1,2	0,176
	Bauer - УПО		0,82	0,7	0,08

Примечание:  $q_n$  - расход воды дождевателя; л/с,  $\rho_{ср.}$  - средняя интенсивность дождя, мм/мин;  $d_c$  - средний диаметр капель дождя, мм;  $N$  - мощность дождя, Вт/м<sup>2</sup>.

На ДМ «Волга-ФК1» устройства приземного орошения позволяют снизить потери воды на испарение и снос ветром в среднем (при коэффициенте



метеорологической напряженности  $\Phi=80$ ) с 16 до 8 % и оставаться на уровне ДМ Zimmatic. Все эти показатели позволят обеспечить повышение урожайности сельскохозяйственных культур и эффективности полива.

Исследования стандартной ДМ Zimmatic в ООО «Липовское» на посевах люцерны показали, что с увеличением мощности дождя в концевой части машины до 0,18 Вт/м<sup>2</sup> (таблица 5.9) на поле при поливе образуются лужи и наблюдается перераспределение дождя по элементам рельефа.

Таблица 5.9 - Изменение высоты растений люцерны и коэффициента вариации (КВ) вдоль трубопровода Zimmatic

Показатели полива и люцерны	Тел. 2-3	Тел. 4-5	Тел. 7-8	Тел. 8-консоль
При установке УПО вдоль трубопровода машины				
Интенсивность дождя, мм/мин	0,45	0,6	1,05	1,2
Мощность дождя, Вт/м <sup>2</sup>	0,054	0,106	0,176	0,18
Средняя высота люцерны, см	58,9	56,5	47,5	43,0
КВ, %	3,6	4,85	12,8	15,2
Урожайность люцерны з. м, ц/га	178,7	171,1	143,9	130,2
При установке УПО на шпренгелях машины				
Интенсивность дождя, мм/мин	0,32	0,42	0,80	0,92
Мощность дождя, Вт/м <sup>2</sup>	0,041	0,081	0,125	0,138
Урожайность люцерны з. м., ц/га	182,7	176,1	157,9	143,2

Замеры высоты и урожайности люцерны показали, что в концевой части машины, при большой мощности дождя, наблюдается значительная пестрота урожая, коэффициент вариации составил 12,8-15,2 % при средней высоте растений 47-43 см. По мере снижения мощности дождя коэффициент вариации высоты растений снижается, а средняя высота растений на пролёте между тележками 2 и 3 увеличивается до 58,9 см (таблица 5.9). Урожайность люцерны в конце машины уменьшается на значительную величину со 178,9 до 130,2 ц/га или на 37,2 %. Изменение относительной урожайности люцерны и

коэффициента вариации (КВ) вдоль трубопровода Zimmatic показаны на рисунке 5.8.

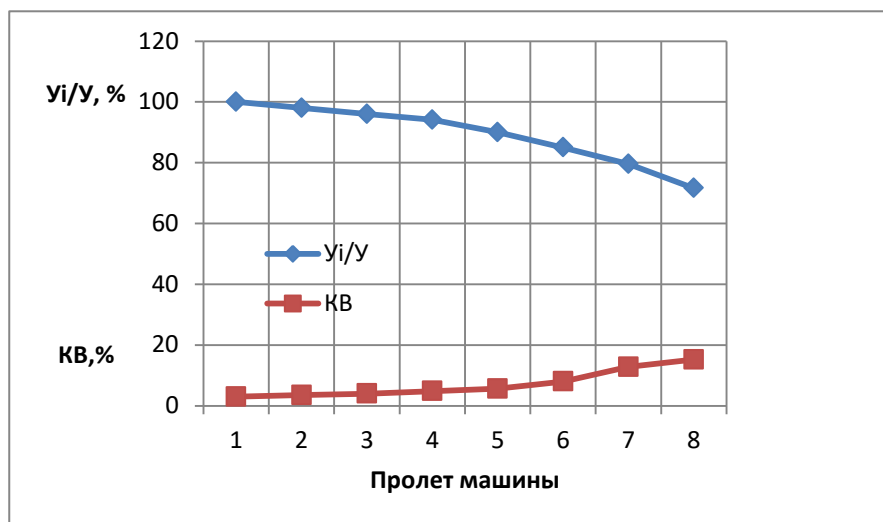


Рисунок 5.8 - Изменение относительной урожайности люцерны и коэффициента вариации (КВ) вдоль трубопровода Zimmatic

Применение на ДМ «Волга-ФК1» усовершенствованных УПО с новыми дождевальными насадками и увеличение расстояния между насадками поперёк трубопровода до 2,5 м обеспечат в сравнении с ДМ «Кубань-ЛК1» снижение: средней и мгновенной интенсивности дождя, среднего диаметра капель 0,5-0,7 мм (на 30%) и мощности дождя; уменьшение потерь воды на испарение и унос ветром в 1,5-2 раза и повышение равномерности полива при ветре на 13-20 %. Все это будет способствовать повышению урожайности в концевой части машин на 36-48 % [38, 62, 97] в зависимости от вида сельскохозяйственных культур. В целом по машине повышение урожайности может составить 8-24 % и экономический эффект – порядка 100-500 тыс. руб. [38, 62].

Более равномерное увлажнение почвы и снижение потерь воды на испарение и снос ветром обеспечило повышение урожайности люцерны при поливе ДМ «Волга-ФК1» с УПО-ДН на 27 % (таблица 5.10).

Таблица 5.10 – Экономическая эффективность внедрения устройств приземного орошения и усовершенствованных дождевальных насадок на ДМ «Волга-ФК1»

Наименование показателей	ДМ Волга-ФК1	
	СН	УПО-ДН
Наименование культуры	люцерна на 3. к.	
Средний диаметр капель, мм	0,8	0,6
Удельная мощность дождя, Вт/м <sup>2</sup>	0,16	0,08
Равномерность полива при скорости ветра 3,8 м/с	0,68	0,76
Потери воды на испарение и снос %	12	6
Урожайность люцерны на 3. к., ц/га	140	178
Прибавка урожая ц/га		38
Годовой экономический эффект тыс. руб.		421,8

В среднем по машине прибавка урожая люцерны составляет 38 ц/га или 421,8 тыс. рублей на машину.

При эксплуатации устройств приземного орошения (УПО) оператор может легко очищать сопла насадки от мусора. Усовершенствованные УПО окупаются в первый год эксплуатации [38, 62].

### **5.5 Технические характеристики и преимущества многоопорной дождевальной машины «Волга-ФК1»**

Система автоматического управления и контроля за работой дождевальной машины обеспечивает: пуск и отключение машины; реверсивное движение; контроль синхронности движения тележек и отключение при аварийных ситуациях.

Для обеспечения электрической энергии на передвижение машины использован внешний источник – дизельный генератор «Honda» мощностью 7,5 кВт, напряжением 380 В, частотой 50 Гц. Расход топлива генератора - около одного литра за один час работы.

Основные отличия и достоинства данной машины:

- возможность наладить производство дождевальных машин из стандартных стальных труб и полиэтиленовых труб российского производства (без переналадки производства);

- уменьшение массы машины: до 52-87 % - для неполнокомплектной (1...4 тележки) и до 18-26 % - для машин с 5-9 тележками;

- снижение стоимости трубопровода машины на 16,8-32,5 %. Экономический эффект от внедрения ДМ «Волга-ФК1» с полиэтиленовым трубопроводом за счёт снижения стоимости трубопровода составит 47-117 тыс. руб. на машину в зависимости от её модификации;

- значительный срок службы полиэтиленовых труб (до 50 лет) и стальных оцинкованных толстостенных труб;

- повышение надёжности дождевальной машины благодаря возможности подачи агрессивных химических удобрений через полиэтиленовый трубопровод неподверженный коррозии.

Для электрифицированных машин характерным является снижение рабочего давления до 0,15-0,35 МПа или в 2,0 раза меньше, чем у ДМ «Фрегат», высокая надёжность работы и производительность при обслуживании оператором группы машин.

### **Выводы по главе 5**

1. Дождевальная машина «Волга-ФК1» с устройствами приземного орошения и дождевальными насадками, настроенными по разработанным картам, обеспечивает расчётный расход воды (40 л/с) при низком напоре ( $H=35\text{м}$ ) и позволяют его регулировать в широких пределах – от 30 до 43 л/с.

2. Дождевальная машина «Волга-ФК1», оборудованная УПО с модернизированными дождевальными насадками при расстановке через 2,6 м, обеспечивает повышение равномерности полива при скорости ветра 3-5 м/с до 0,7-0,82 (это соответствует иностранным машинам Zimmatic), или на 13-20 %

выше, в сравнении ДМ «Кубань-ЛК1» и на 25-30 % - с дождевальными аппаратами ДМ «Фрегат».

3. Потери воды на испарение и снос ветром при поливе ДМ «Волга-ФК1» с УПО снижаются до 3-10 % за счёт уменьшения высоты подъёма дождевого облака с 5-6 до 1,1-3,5 м над поверхностью почвы и до 1,0-1,5 м – над растениями и находятся на уровне иностранных машин Zimmatic. Улучшение показателей качества полива ДМ «Волга-ФК1» будет способствовать повышению урожайности сельскохозяйственных культур на 8-24 %.

4. Основные преимущества ДМ «Волга-ФК1» в снижение массы и стоимости водопроводящего трубопровода и возможность внесения агрессивных химических удобрений через полиэтиленовый трубопровод неподверженный коррозии. Снижения стоимости трубопровода составит 47,3-117,5 тыс. руб. на машину в зависимости от её модификации. Применение на ДМ «Волга-ФК1» усовершенствованных дождевальных насадок и УПО повышают качественные показатели полива и будут способствовать повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ существующих дождевальных машин ферменной конструкции показывает, что они отличаются большой массой и металлоёмкостью, что вызывает образование глубокой колеи и высокой стоимостью машин. Ферменные машины отечественного производства комплектуются дождевальными насадками и аппаратами, устанавливаемые на трубопроводе, или импортными насадками на устройствах приземного орошения, которые не в полной мере удовлетворяют качеству полива работы. При внесении удобрений и химических веществ стальной трубопровод подвержен значительной коррозии.

2. На основе теоретических исследований, для улучшения технических показателей дождевальной машины, обоснована конструкция двухтрубной фермы, которая состоит из стального трубопровода малого диаметра и параллельно монтируется полиэтиленовый трубопровод (патент № 160893). Гидравлическими расчётами установлено, что при увеличении расхода воды машины с 7 до 70 л/с диаметр стальной трубы должен составлять 102-114 мм, а полиэтиленовой - 63-160 мм. Гидравлические расчёты показывают, что применение таких диаметров труб обеспечит работу машины при низком давлении на входе - 0,18-0,35 МПа, Использование полиэтиленового трубопровода позволяет: снизить массу трубопровода для 1...4-опорной (неполнокомплектная) машины до 52-87 % и до 18-26 % (5-9-опорная) и его стоимость на 16,8-32,5 % .

3. На основе теоретических исследований обоснована конструкция дождевальной насадки со съёмным дефлектором (патент № 184629) для устройства приземного орошения, которая формирует дождь однородной структуры по всему кругу полива (исключает «усы»), снижает силы отклонения насадки от вертикального положения. Обоснована конструкция устройства приземного орошения, которая позволяет увеличить ширину расстановки дождевальных насадок по линии перпендикулярной трубопроводу до 2,5 м, при монта-

же на шпренгелях и открывках. Теоретически обоснована конструкция и определены размеры полиэтиленового трубопровода по длине машины для внесения удобрений и химических веществ (патент № 208408).

4. Исследованиями дождевальной насадки со съёмным дефлектором установлены математические зависимости расхода воды и дальности полёта струй дождя от диаметра сопла, давления на выходе струи из сопла и высоты установки насадки относительно поверхности почвы. Получены формулы для расчёта диаметра капель дождя в любой точке радиуса полива дождевальной насадки. Средний диаметр капель дождя дождевальных насадок составляет 0,5-0,7 мм, что в 1,5-2 раза меньше по сравнению с насадками *i-wob* ДМ Zimmatic и на 30 % меньше, чем у секторных насадок.

Дождевальная насадка формирует однородный дождь по всему контуру полива, при этом снижается силу отклонения насадки от вертикали. Устойчивое вертикальное положение при поливе в первой половине трубопровода с расходом воды 0,1-0,5 л/с обеспечивает стальной переходник (труба Ду-15 длиной 0,3 м, массой 0,43 кг), а во второй половине трубопровода с расходом воды 0,6-2 л/с (труба Ду-15 длиной 0,3 м, масса трубы и груза – 1,0 кг). Средняя интенсивность дождя ДМ «Волга-ФК1» с УПО-ДН, установленными на шпренгелях и открывках соответствует ДМ Zimmatic и в 1,23-1,65 раза меньше, чем у ДМ «Фрегат» с дефлекторными насадами, установленными на трубопроводе.

5. Дождевальная машина «Волга-ФК1» с устройствами приповерхностного полива и дождевальными насадками, настроенными по разработанным картам, обеспечивают расчётный расход воды 40 л/с при низком напоре ( $H=35\text{м}$ ) и позволяет его регулировать в пределах от 30 до 43 л/с.

Дождевальная машина «Волга-ФК1» с устройствами приземного орошения и дождевальными насадками обеспечивает повышение равномерности полива при скорости ветра 3-5 м/с до 0,70-0,82, или на 13-20 % больше, в сравнении ДМ «Кубань-ЛК1» и на 25-30 % – с дождевальными аппаратами ДМ «Фрегат». Потери воды на испарение и снос ветром при поливе ДМ «Волга-ФК1» с УПО уменьшаются до 3–10 % за счёт снижения высоты

подъёма дождевого облака с 4-5 м до 1,1-3,5 м над поверхностью почвы и до 1,0-1,5 м – над растениями.

6. Основные преимущества ДМ «Волга-ФК1» в снижение массы и стоимости водопроводящего трубопровода и возможность внесения удобрений через полиэтиленовый трубопровод неподверженный коррозии. Снижение стоимости трубопровода составит 47,3-117,5 тыс. руб. на машину в зависимости от её модификации. Применение на ДМ «Волга-ФК1» усовершенствованных дождевальными насадок и УПО повышают качественные показатели полива и будут способствовать повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. На орошаемых участках рекомендуются внедрять многоопорные дождевальные машины ферменной конструкции «Волга-ФК1» с полиэтиленовым трубопроводом, которые обеспечивают снижение металлоёмкости, массы и стоимости, а также позволяют повысить срок службы.

2. На орошаемых участках рекомендуются внедрять усовершенствованные устройства приземного орошения с дождевальными насадками типа «съёмный дефлектор», которые увеличивают ширину захвата дождём и снижают интенсивность дождя на пролётах тележек, а также при мелкокапельном распыле снижают мощность дождя.

3. Проведение гидроподкормки через полиэтиленовый трубопровод и УПО повышают эффективность орошения и снижают коррозию конструкции дождевальных машин.

### ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Совершенствование многоопорных дождевальных машин путем создания более совершенных дождевателей и устройств приземного орошения, дальнейшего снижения энергоёмкости полива, повышения проходимости машин, более детального учёта рельефа местности и уклонов при определении давления на входе в машину.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдразаков Ф.К. Повышение экологической эффективности орошения в Саратовском Заволжье на основе совершенствования дождевальных машин «Фрегат» / Ф.К. Абдразаков, В.В. Васильев – Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2005. – 116 с.
2. Антипов А.О. Совершенствование технологического процесса и систем торможения дождевальных машин «Фрегат» на пневматических шинах для полива многолетних трав в условиях склоновых земель: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Антипов Алексей Олегович. – М., 2015. – 21 с.
3. Аналитические исследования перспектив развития техники орошения в России: Информационно-аналитическое издание. - М: Коломна: ИП Лавренов А.В., 2020. - 128 с.:
4. Багров М. Н. Оросительные системы и их эксплуатация / М. Н. Багров, И. П. Кружилин. - М.: Колос, 1978. – 208 с.
5. Бондарев А.А. Моделирование оптимальных процессов дождевания сельскохозяйственных культур среднеструйными дождевальными аппаратами для повышения равномерности полива: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Бондарев А.А. – зерноград, 1999. – 20 с.
6. Бородин В.А. Распыливание жидкостей / В. А. Бородин. – М.: Машиностроение, 1967. – 262 с.
7. Бредихин Н.П. Улучшение качества работы одиночных дальнеструйных аппаратов при ветре / Н.П. Бредихин // Вопросы механизации орошения сельхозкультур: материалы НТС ВИСХОМ. – М., 1966. – Вып. 21. – С. 319–330.
8. Бредихин Н.П. Влияние ветра на работу дальнеструйных дождевателей и пути повышения качества полива: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Бредихин Николай Петрович. – М, 1969. – 19 с.
9. Васильев С.М. Повышение экологической безопасности способов орошения для формирования устойчивых агроландшафтов в аридной зоне авто-

реф. дис. ... д-ра техн. наук / Васильев Сергей Михайлович. – Волгоград, 2006. – 35 с.

10. Васильев С.М. Дождевание / С.М. Васильев, В.Н. Шкура – Новочеркасск, РосНИИПМ, 2016. – 352 с.

11. Васильев С.М. Стратегия успешного развития мелиорации - прецизионное орошение / Васильев С.М. и др. // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации - 2020.- № 3 (39). – 22 с.

12. Гаврилица А.О. Эрозионная деградация черноземов при поливе дождеванием и пути ее предупреждения: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Гаврилица Андрей Онупфреевич – Кишинев, 1991. – 48 с.

13. Гаврилица А.О. Эрозионные процессы при поливе дождеванием и пути их минимизации / А.О. Гаврилица // Почвоведение. - 1993. - № 3. – С. 77-84.

14. Гаджиев Г.М. К вопросу использования дождевальных машин «Фрегат» при орошении приоазисных песчаных земель / Г.М. Гаджиев // Тракторы и сельхозмашины. - 1976. - № 11. – С. 20-21.

15. Гаджиев Г.М. Скорость падения капель дождя, создаваемого дождевальной машиной «Фрегат» / Г.М. Гаджиев // Тракторы и сельхозмашины. – 1977. - № 7. - С. 26-27.

16. Гаджиев Г.М. Исследования и обоснование оптимальных параметров дождя «Фрегат» для орошения приоазисных песков / Гаджиев Гаджи Магомед-Саидович: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1979. – 18 с.

17. Гаджиев, Г.М. Особенности орошения приоазисных песков дождеванием / Г.М. Гаджиев, Ю.С. Пунинский // Гидротехника и мелиорация. – 1979. - № 5. - С. 38- 41.

18. Голы М. Оросительные мелиорации / М. Голы. – М.: Колос, 1988. - 189 с.

19. Гомберг С.В. Совершенствование технико-технологических показателей полива дождевальной машиной «Фрегат»: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Гомберг Сергей Владимирович. – Саратов, 2007. – 19 с.

20. Городничев В.И. Расчет на ЭВМ линейных размеров и энергетических характеристик дождя / В.И. Городничев [и др.] // Новое в технике и технологии полива: сб. науч. тр. / ВНПО «Радуга». – М., 1979. - Вып. 12. – С. 104-113.

21. Городничев В.И. Оценка крупности капель / В.И. Городничев // Основные направления технического прогресса механизации и техники полива : сб. науч. тр. / ВНИИМиТП. – М., 1983. – С. 102-110.

22. Городничев В.И. К оценке дождевальной техники / В.И. Городничев // Экологически и экономически обоснованные технологии и технические средства полива: сб. науч. тр. / ВНИИГиМ. - М., 1999. - С. 121-127.

23. Григорьев В.А. Прогноз и предупреждение эрозии почв при орошении / В.А. Григорьев, С.Ф. Краснов. – М. : МГУ, 1992. - 206 с.

24. Гринь Ю.И. Совершенствование оросительных систем на основе ресурсосберегающих технологий и средств орошения : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Гринь Юрий Иванович. – Киев, 2000. – 50 с.

25. Губер К.В. Ресурсосберегающие технологии и конструкции оросительных систем при дождевании: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Губер Кирилл Вадимович. – М., 2000. – 48 с.

26. Гусейн-Заде С.Х. Многоопорные дождевальные машины / С.Х. Гусейн-Заде, Л.А. Перевезенцев, В.И. Коваленко. – М.: Колос, 1984. - 191 с.

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

28. Ерхов, Н.С. Экспериментальное изучение безнапорного впитывания воды в почву при поливе дождеванием в условиях Центрального района нечерноземной зоны СССР: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ерхов Николай Сергеевич. – Москва, 1966. – 18 с.

29. 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.

30. Есин А.И. Исследование характеристик потока воды в водопроводящем поясе дождевальных машин / А.И. Есин, Д.А. Соловьев, Л.А. Журавлева // Научная жизнь. – 2018. - № 2 - С. 16-25.

31. Есин А.И. Рекомендации по выбору дождевателей «Каскад» для дождевальных машин // Мелиорация и водное хозяйство, 2018. – №2. – С. 16-22.

32. Журавлева Л.А. Ресурсосберегающие широкозахватные дождевальные машины кругового действия: дис. ... д-ра техн. наук 06.01.02 защ. 01.11.2018 / Журавлёва Лариса Анатольевна. – Саратов, 2018. – 409 с.

33. Исаев А.П. Гидравлика дождевальных машин / А.П. Исаев. – М.: Машиностроение, 1973. – 215 с.

34. Исаев А.П. Оценка технологических возможностей дождевальной техники на основе определения допустимых норм полива / А.П. Исаев // Улучшение эксплуатации оросительных систем и планировка орошаемых земель. – М. : Колос, 1982. – С. 67-78.

35. Казаков С.П. Рациональная расстановка дождевальных насадок / С.П. Казаков // Гидротехника и мелиорация. – 1953. - № 4. - С. 37-44.

36. Колганов Д.А. Дождевальная машина «Фрегат» с усовершенствованной системой водоподачи для полива в низконапорном режиме: автореф. дис..... канд. техн. наук / Колганов Д.А. – Саратов, 2017.- 23 с.

37. Кальянов Г.С. О потерях оросительной воды при поливе дождеванием / Г.С. Кальянов // Гидротехника и мелиорация. – 1954. - № 11. - С. 11-13.

38. Карпова О.В. Усовершенствование устройств приповерхностного дождевания дождевальной машины «Фрегат»: автореф. дис..... канд. техн. наук / Карпова О.В. – Саратов, 2017.- 22 с.

39. Клепальский А.П. Качество дождя машин ДКШ-64 и АДП-350 при орошении в зоне Сыртов Заволжья. А.П. Клепальский. // Орошение земель в Поволжье. – Саратов, 1973. – С. 108-117.

40. Колганов А.В. Научные основы развития орошения и техническое совершенствование оросительных систем в засушливой зоне Российской Феде-

рации: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Колганов Александр Васильевич. – М., 2000. – 52 с.

41. Колесников Ф.И. Оценка существующей техники полива и перспективы ее развития / Ф.И. Колесников // Вестник сельскохозяйственной науки – 1986 № 12. – С.71-73..

42. Колесников Ф.И. Методика оценки эффективности дождевальных машин / Ф.И. Колесников - М., 1975. – 157 с.

43. Кравчук А.В. Совершенствование параметров увлажнения агроэкологически сбалансированных режимов орошения кормовых культур сухостепного Заволжья: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Кравчук Алексей Владимирович. – Волгоград, 2007. - 43 с.

44. Краснощеков В.С. Влияние равномерности полива на урожай сельскохозяйственных культур / В.С. Краснощеков // Новое в технике и технологии полива : сб. науч. тр. / ВНПО «Радуга» - М., 1976. – Вып. 9. – С. 88-97.

45. Краснощеков В.С. Энергетическая оценка качества дождя машин «Фрегат» и «Волжанка» / В.С. Краснощеков // Новое в технике и технологии полива: сб. науч. тр. / ВНПО «Радуга» - М., 1979. – Вып. 12. – С. 88-97.

46. Кружилин И.П. Улучшение качества полива машиной «Фрегат» в Волгоградском Заволжье / И.П. Кружилин, П.И. Кузнецов // Гидротехника и мелиорация. – 1976. - № 12. – С. 29-35.

47. Кузнецов М.С. Ирригационная эрозия почв и ее предупреждение при поливах дождеванием / М.С. Кузнецов, В.Я. Григорьев, К.Ф. Хан. - М. : Наука, 1990. – 120 с.

48. Кузнецов П.И. Исследования параметров структуры дождя и качества полива машин кругового действия в Волгоградском Заволжье : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Кузнецов Петр Иванович. - Новочеркасск, 1983. – 20 с.

49. Ларионова А.М. Впитывающая способность почв при поливе дождеванием: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Ларионова Антонина Михайловна. – М., 2004. – 39 с.

50. Лебедев Б.М. Дождевальные машины / Б.М. Лебедев // Теория и конструкции. – М.: Машиностроение, 1977. – 246 с.

51. Литвиненко А.Ф. К вопросу определения расчетной энергетической характеристики дождя для стационарных оросительных систем / А.Ф. Литвиненко // Оптимизация технических средств и технологии полива: сб. науч. тр. / ВНИИМиТП - М., 1985. – С. 172-179.

52. Лямперт Г.П. Дождевание при ветре ДДН-70 при изменении угла наклона ствола аппарата / Г.П. Лямперт // Новое в технике и технологии полива : сб. науч. тр. / ВНПО «Радуга». - М., 1980. – С. 54-58.

53. Машины и установки дождевальные. Программа и методы испытаний. РД 10.11.1- 89. – Издание официальное. – 172 с.

54. Малько И.В. Технология и дождевальная машина «Фрегат» с усовершенствованными ходовыми системами для полива площадей с пересеченным рельефом: автореф. дис. ... канд. техн. наук. / Малько Игорь Валерьевич. – Рязань, 2006. - 24 с.

55. Мансуров М.С. Расчет потерь воды на испарение при поливе дождеванием / М.С. Мансуров // Использование пресных и минеральных вод при орошении и промывки земель : сб. науч. тр./ВНИИГиМ.– М., 1971.–С.29-44.

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

57. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: Справочник; под ред. Б.Б. Шумакова - М.: Агропроиздат, 1990. - 415 с.

58. Москвичев Ю.А. Агрономическая оценка полива широкозахватными дождевальными машинами / Ю.А. Москвичев // Широкозахватные дождевальные машины «Фрегат» и «Волжанка»: сб. науч. тр. / ВНИИМиТП.– Коломна, 1974.–Т. 5.- С. 60-104.

59. Москвичев Ю.А. Условия оптимального применения дождевальной техники / Ю.А. Москвичев, Н.М. Шевцов // Оптимизация параметров поливной техники : сб. науч. тр. / ВНИИМиТП. – Коломна, 1974. - Т.7.-С.62-73.

60. Москвичев Ю.А. Дождевальная техника для Поволжья / Ю.А. Москвичев, В.П. Сорочкин, В.С. Краснощеков // Агротехническая и технико-эксплуатационная оценка способов полива сельскохозяйственных культур в Поволжье : матер. обл. науч.-техн. конф. – Волгоград, 1974. - С. 58-65.

61. Мустафаева М.К. Исследование среднеструйных разбрызгивателей в условиях Азербайджанской ССР: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Мустафаева Мара Кызы. – Баку, 1962. – 19 с.

62. Надежкина Г. П. Совершенствование технико-технологических параметров устройств приповерхностного дождевания дождевальной машины «Фрегат»: автор. дис. канд. техн. наук / Надежкина Г.П. – Саратов, 201.- 24 с.

63. Никулин С.Н. Ресурсосберегающие технологии орошения / С. Н. Никулин // Гидротехника и мелиорация.1986. - № 12. – С. 22-24.

64. Носенко В.Ф. Требования и принципы создания поливной техники (оросительных систем) нового поколения / В.Ф. Носенко // Техника орошения и сельхозводоснабжение нового поколения: сб. науч. тр. / ВНИИ «Радуга». - Коломна, 1998. - С. 3-13.

65. Носенко В.Ф. Система показателей технического уровня дождевальной техники / В.Ф. Носенко, Г.А. Ландес, Е.И. Балабан // Техника орошения и сельхозводоснабжение нового поколения: сб. науч. тр. / ВНИИ «Радуга». – Коломна, 1998. – С. 28–47.

66. Официальная страница «Valley» (Valmont Irrigation, США). – Режим доступа: <http://www.valleyirrigation.com/>

67. Официальная страница Zimmatic Lindsay (США). – Режим доступа: <https://www.lindsay.com/usca/en/irrigation/brands/zimmatic>

68. Официальная страница Reinke Manufacturing Company (США). – Режим доступа: <http://www.reinke.com/>

69. Официальная страница T-L Irrigation Systems (США). – Режим доступа: <https://www.tlirr.com/?lang=ru>

70.Официальная страница RKD Irrigacion (Испания). - Режим доступа: <https://www.rkd.es/>

71.Официальная страница Western Irrigation Solutions (ОАЭ). - Режим доступа: <https://www.western-irrigation.com/>

72.Официальная страница Lindsay (Франция — США). - Режим доступа: <https://www.lindsay.com/>

73.Официальная страница BAUER GmbH (Австрия). - Режим доступа: <https://www.bauer-at.com/>

74. Ожередов Н.И. Потери воды на испарение при поливе ДМ «Кубань» Н. И. Ожередов // Экономия энергозатрат и повышение экологической безопасности полива: сб. науч. тр. / СтавНИИГиМ. - Ставрополь, 1994. – С. 33-37.

75. Ольгаренко Г.В. Нормирование, информационное обеспечение и реализации водосберегающих процессов орошения: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / Ольгаренко Геннадий Владимирович. – Новочеркасск, 1998. – 52 с.

76. Ольгаренко Г.В. Концепция повышения экологической безопасности оросительных систем / Г.В. Ольгаренко // Ресурсосберегающие экологически безопасные системы орошения и сельхозводоснабжения : сб. науч. тр. ФГНУ / ВНИИ «Радуга». - Коломна, 2002. - С. 3-6.

77. Ольгаренко Г.В. Этапы создания и модернизации комплексов технологического оборудования оросительных систем / Г.В. Ольгаренко [и др.] // Ресурсосберегающие экологически безопасные системы орошения и сельхозводоснабжения: сб. н. тр. / ФГНУ ВНИИ «Радуга». - Коломна, 2002. - С. 7-23.

78.Ольгаренко Г.В. Экономическая оценка широкозахватных дождевальных машин / Г.В. Ольгаренко // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования. - М., 2007. - Т. 2. - С. 384-395.

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



80. Орлова О.К. Зависимость качества дождя от мезо и микрорельефа поля и климатических факторов / О. К. Орлова // Орошение сельскохозяйственных культур в Нижнем Поволжье: сб. науч. тр. / Волгоградского СХИ.– Волгоград, 1978.- С.132 - 137.

81. Павловский Д.С. Исследование и совершенствование методов испытаний дождевальных машин: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Павловский Д. С. – М. 1974. – 20 с.

82. Пат. № 160893 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н.Ф., Шушпанов И.А., Рыжко С.Н., Акпасов А.П., Органов М.С.; заявитель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». № 20155101884; заявл. 21.01.2015; опубл. 10.02.2016, Бюл. № 4.

83. Пат. № 178776 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н. Ф., Шушпанов И.А., Рыжко С.Н.; заявитель «ВолжНИИГиМ». № 2017135034; заяв. 04.10.2017; опуб. 19.04.2018, Бюл. № 11.

84. Пат. № 180447 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н.Ф., Рыжко Н.В., Рыжко С.Н. [и др.]; заявитель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». – № 2017139807; заявл. 15.11.2017; опубл. 14.06.2018, Бюл. № 17.

85. Пат. № 184629 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н.Ф., Шушпанов И.А., Рыжко Н.В., Рыжко С.Н. [и др.]; заявитель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». № 2018124423; заявл. 03.07.2018; опубл. 01.11.2018, Бюл. № 31.

86. Пат. № 169912 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н.Ф., Гопкалов Ю.А., Рыжко С.Н. [и др.]; заявитель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». № 2016136589; заявл. 12.09.2016; опубл. 06.04.2017, Бюл. № 10

87. Пат. № 208408 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н. Ф., Хорин С.А., Хорина А.С., Рыжко Н.В., Рыжко

С.Н. [и др.]; заявитель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». № 2021116253; заявл. 03.06.2021; опубл. 16.12.2021, Бюл. № 35.

88. Пат. № 170892 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н.Ф., Гопкалов Ю.А., Рыжко С.Н. [и др.]; № 2016131741; заявл. 01.08.2016; опубл. 12.05.2017, Бюл. № 14.

89. Пат. № 176478 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н.Ф., Шушпанов И.А., Гопкалов Ю.А., Рыжко С.Н. [и др.]; № 2017110109; заявл. 27.03.2017; опубл. 22.01.2018, Бюл. № 3.

90. Полонский А.М. Исследование гидравлических параметров широкозахватной дождевальной техники / А.М. Полонский // Широкозахватные дождевальные машины «Фрегат» и «Волжанка»: сб. науч. тр. / ВНИИМиТП. - Коломна, 1974. – Т. 5. - С. 29-59.

91. Полонский А.М. Методика подбора дождевальных аппаратов машины «Фрегат» / А.М. Полонский, С.Н. Никулин. – Коломна, 1972. – 11 с.

92. Поляков Ю.П. Прогноз эрозии почв и обоснование ресурсосберегающей технологии при поливе : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Поляков Юрий Павлович. – М., 1990. – 40 с.

93. Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России / А.В. Колганов, Н.В. Сухой, В.Н. Шкура, В.Н. Щедрин; под ред. В. Н. Щедрина. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2016. – 222 с.

94. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: Справочник. - М: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 503с.

95. Руководство по определению экономической эффективности новой поливной техники ВТР-0 – 4 – 81. - Коломна, 1981. – 267 с.

96. Рыжко Н.Ф. Влияние равномерности полива дождевальными машинами «Фрегат» на урожайность сельскохозяйственных культур / Н.Ф. Рыжко // Научно-технический прогресс в мелиорации земель Поволжья: сб. науч. тр. ВолжНИИГиМ / ВНИИГиМ. - М., 1990. – С. 160-167.

97. Рыжко Н.Ф. Совершенствование технических средств и технологии орошения в Поволжье / Н.Ф. Рыжко: монография. – Саратов: «Саратовский источник», 2007. – 110 с.

98. Рыжко Н.Ф. Обоснование ресурсосберегающего дождевания и совершенствование дождевальной машины "Фрегат" в условиях Саратовского Заволжья: дисс... д-ра техн. наук / ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ". Саратов, 2012

99. Рыжко С.Н., Рыжко Н.Ф., Смирнов Е.С. Технология и технические средства для внесения удобрений через полиэтиленовый трубопровод на дождевальных машинах типа «Волга»/ Концептуальные аспекты современного состояния и развития мелиорации и эффективного использования водных ресурсов. Сб. науч. трудов по материалам научно-практической конференции с международным участием, посвященной 55-летию образования ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». - Саратов, 2021. - С. 107-112.

100. Рыжко Н.Ф., Шушпанов И.А., Рыжко С.Н. Модернизация устройств приповерхностного дождевания для водосбережения при поливе / Мелиорация и водное хозяйство XXI века: проблемы и перспективы развития: сб. науч. тр.: [матер. межд. научно-практ. конф., ФГБНУ ВНИИМЗ, г. Тверь, 27-28 августа 2014 г.] – Тверь: Твер. гос. ун-т, Книга 2, 2014. – С. 54-57.

101. Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Акпасов А.П., Емельянов А.А., Хорин С.А. Расширение технологических возможностей много-опорных дождевальных машин [Текст] / Использование мелиорированных земель - современное состояние и перспективы развития мелиоративного земледелия: сб. науч. тр.: [матер. межд. научно-практ. конф., ФГБНУ ВНИИМЗ, г. Тверь, 27-28 августа 2015 г.] – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2015. – С. 212-216.

102. Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Лапшова А.Г., Органов М.С., Хорин С.А. Улучшение качественных показателей полива дождевальных машин путем совершенствования дождевателей / Использование мелиорированных земель - современное состояние и перспективы развития мелиоративного земледелия

лия: сб. науч. тр.: [матер. межд. научно-практ. конф., ФГБНУ ВНИИМЗ, г. Тверь, 27-28 августа 2015 г.] – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2015. – С. 216-222.

103. Рыжко Н.Ф., Многофункциональное использование многоопорных дождевальных машин с полиэтиленовым трубопроводом / Рыжко Н.Ф., Смирнов Е.С., Рыжко С.Н., [и др.] Актуальные направления развития мелиоративного комплекса: сб. науч. тр. по материалам Межд. науч.-практ. конф. посвящ. 90-летию создания ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2021. – С. 183-191.

104. Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Ботов С.В., Хорин С.А. Регулирование расхода воды ДМ «Фрегат» для снижения энергопотребления. / Вестник Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова». – Саратов: СГАУ - № 11, 2015. – С.

105. Рыжко С.Н., Карпова О.В., Хорин С.А., Усовершенствование устройств приповерхностного дождевания для ДМ «Фрегат» и их экономическая эффективность / сб. науч. тр. [матер. III Межд. науч.-практ. кон. молодых ученых и специалистов «Актуальные научные исследования в области мелиорации». - Новочеркасск, РосНИИПМ, - Выпуск № 3(63)/2016. – С. 107-111.

106. Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Ботов С.В., Рыжко Н.В., Хорин С.А., Модернизация дождевого пояса дождевальной машины «Кубань-ЛК» [Текст] / сб. науч. тр. [матер. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию начала реализации широкомасштабной программы мелиорации земель и 50-летию образования ВНИИ «Радуга»]. – Коломна. – 2016. - С. 113-115.

107. Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Ботов С.В., Рыжко Н.В., Хорин С.А., Карпова О.В. Результаты исследований дождевальных насадок и устройств приповерхностного полива / сб. науч. тр. [матер. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию начала реализации широкомасштабной программы мелиорации земель и 50-летию образования ВНИИ «Радуга»]. – Коломна. – 2016. – С. 116-119.

108. Рыжко Н.Ф. Методика расчета эпюр распределения дождя вдоль радиуса полива дефлекторных насадок / Рыжко Н.Ф., Соловьёв Д.А., Рыжко

С. Н.[и др.]// Аграрный научный журнал. Саратов: Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова. - 2016. № 4. - С. 63-66.

109. Рыжко Н.Ф. Инновационные технические решения при совершенствовании многоопорных дождевальных машин / Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Смаржиев А.В./ Концептуальные аспекты современного состояния и развития мелиорации и эффективного использования водных ресурсов: сб. науч. трудов по матер. науч.-практ. конф. ФГБНУ «ВолжНИИГиМ», 28 мая 2021 г. – Энгельс. – 2021. – С.121-126.

110. Рыжко Н.Ф., Рыжко Н.В., Рыжко С.Н., Ботов С.В., Эффективность технологии приповерхностного полива на ДМ «Фрегат» / Вестник мелиоративной науки. - Коломна: ВНИИ «Радуга». - 2018, Выпуск 1. – С.57-60.

111. Рыжко Н.Ф., Шушпанов И.А., Рыжко С.Н., Органов М.С. Результаты исследований дождевальной машины ферменной конструкции с полиэтиленовым трубопроводом/ Юбил. Междун. сб. науч. тр. «Технологии и технические средства в мелиорации», посвященный 50-летию начала реализации широкомасштабной программы мелиорации земель и 50-летию образования ВНИИ «Радуга» / ФГБНУ ВНИИ «Радуга». - Коломна: ИП Лавренов А.В., 2017. – С. 119-121.

112. Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Смирнов Е.С., Хорин С.А. Энергосбережение при поливе многоопорными дождевальными машинами / Мелиорация и водное хозяйство. - 2021. № 6. – С 25-30.

113.Рязанцев, А. И. Механизация полива широкозахватными дождевальными машинами кругового действия в сложных условиях / А. И. Рязанцев - Рязань, 1991. – 131 с.

114. Рязанцев А.И. Модернизация дождевого пояса дождевальной машины «Фрегат» / А. И. Рязанцев [и др.] // Проблемы и перспективы совершенствования технологии совершенствования и водоснабжения: сб. науч. тр. / ВНИИ «Радуга». - Коломна, 2001. - С. 71-76.

115. Соловьев Д.А. Совершенствование устройств приповерхностного дождевания для ДМ «Фрегат» /Соловьев Д.А., Карпова О.В., Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н.// Аграрный научный журнал. Саратов: Саратовский ГАУ им. Вавилова. 2016. №3. С. 65-68.

116. Соловьев Д.А Влияние режимов движения дождевальных машин на норму полива/ Д.А. Соловьев, Л.А. Журавлева // Вестник АПК Верхневолжья – Ярославль, 2018. -№1. – С.38-44.

117.СТО АИСТ 11.1-2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей.

118.Турапин С.С. Современные задачи и перспективные пути повышения эффективности и надёжности широкозахватных дождевальных машин / С.С.Турапин, И.А. Костоварова / Экология и строительство. – М., 2018. – № 3. – С. 17-26.

119. Турапин С.С. Технические средства модернизации дождеобразующего пояса электрифицированных дождевальных машин / С.С. Турапин, А. Н. Жирнов // Природообустройство. – 2011. – №1. – С. 29-33.

120.Федоренко И.Д. Об испарении воды при дождевании и зависимость его от диаметра капель дождя // Труды ВНИИГиМ – м., 1938. – Т. 22. - С. 68-78.

121.Фокин Б.П. Повышение эффективности полива многоопорными дождевальными машинами: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Фокин Борис Павлович. – Ставрополь, 2002. – 52 с.

122.Хабаров В.Е. Потери оросительной воды на испарение и снос ветром при поливе ДМ «Волжанка» / В.Е. Хабаров, Ю.Г. Кузнецов // Пути повышения интенсивности орошаемого земледелия: сб. науч. тр. / ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск, 1979. – Вып. 37. – С. 68-75.

123.Хабаров В.Е. Потери воды на испарение и снос ветром при дождевании / В. Е. Хабаров // Рациональное использование и охрана природных ресурсов: сб. науч. тр. / ЮжНИИГиМ. – Новочеркасск, 1980. – С. 28-36.

124. Хабаров В.Е. Исследования влияния метеорологических факторов на зону формирования искусственного дождя при орошении : автор.дис. ... канд. техн. наук / Хабаров Василий Евгеньевич. – Новочеркасск, 1982. - 20 с.

125. Хан Г. Статистические модели в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапира. - М.: Мир, 1969. – 178 с.

126. Чижиков Г.И. Исследование процесса непрерывного и прерывистого дождевания: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Чижиков Геннадий Иванович – Волгоград, 1970. – 26 с.

127. Чичасов В.Я. К вопросу о потерях воды на испарение при дождевании / В.Я. Чичасов, В.Н. Черноморцева // Современные оросительные системы и пути их совершенствования : сб. науч. тр. – М., 1975. – Вып.1. – С. 78-84.

128. Шевелев Ф.А. Таблицы для гидравлических расчетов водопроводящих труб / Ф.А. Шевелев, А.Ф. Шевелев. – М. : Стройиздат, 1984. – 120 с.

129. Швевс Г.И. Формирование водной эрозии стока, наносов и их оценка / Г.И. Швевс. – Ленинград : Гидрометиздат, 1974. – 184 с.

130. Шевцов Н.М. Изменение водно-физических свойств некоторых почв Заволжья при орошении дождеванием: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Шевцов Николай Михайлович. – М, 1972. – 20 с.

131. Шевцов Н.М. Расчет эксплуатационных параметров дождя с использованием ЭВМ на основе оценки физических свойств почв / Н.М. Шевцов // Оптимизация параметров поливной техники : сб. науч. тр. / ВНИИМиТП. – Коломна, 1974. – Т. 7. – С. 158-166.

132. Штангей А.И. Испарение воды в процессе дождевания капель при поливе дождевальной установкой ДДА-100 М / А.И. Штангей // Метеорология и гидрология. – 1975. – № 11. – С. 100-105.

133. Штангей А.И. Испарение воды с дождевального облака при поливе машиной «Фрегат» / А.И. Штангей // Метеорология и гидрология. – 1977. – № 10. – С. 72-76.

134. Штангей А.И. Исследование потерь и распределения воды в процессе дождевания: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Штангей Анатолий Иванович - Киев, 1977. – 20 с.

135. Штепа Б.Г. Справочник по механизации орошения / Б.Г. Штепа [и др.] – М. : Колос, 1979. – 303 с.

136. Abdrazakov F.K., Ryzhko N.F., Ryzhko S.N., Horin S.A., Botov S.V. Electricity consumption decrease at pump stations during watering by multi-support sprinkling units / Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2018. Т. 10. № 6S. - С. 1464-1481.

137. Ryzhko N.F The increase of qualitative indicators during watering with multiple support sprinklers Ryzhko N.F., Abdrazakov F.K., Ryzhko S.N., Horin S.A., Botov S.V. Journal of Fundamental and Applied Sciences. 2018. Т. 10. № 6S. С. 1482-1497.

138. Hummel H.G. Niederschlagsverteilung von Regnet mit geradliniger oder kreis forming kontinuierlicher Vorwärtbtwegnen; Agrartechnik, 1975, № 10. Анализ распределения дождя при поливах аппаратов с прямолинейным и круговым движением.

139. Куюмджиев Х., Васильева М. Определяне на равномерността на разпределениета на дъжда при работа на дъждовални апарати с помощта на цифрова електронноизчислителна машина. – «Селскостопанска техника», 1973, № 3, София (болгар.) Определение равномерности распределения дождя при работе дождевальных аппаратов.

140. Masek V. Optimalne parametry zraszacry z punkty widrienia hudrauliri i konstrukcji – Maszyny i sicniki. POLNICZE 1977, № 2 Оптимизация параметров дождевальных аппаратов с точки зрения гидравлики и конструкции.

141. Чехларов Ан. Схеми на расположение и равномерност на дъжда в тихо время при струйни дъждевани апарати. Научн трудове на ИХ и М. т.Х., 1968.



142. Soiomon K., Berdek S. Применение алгоритма для описания схем распределения дождя. Trans ASAE 1980. 23. 4.146941 Б Charaterizing Sprinler Distribution patterns with a clastering Algjritm.

143. Райков Р. Определение поперечного распределения дождя при дождевании в сочетании с прямолинейным равномерным движением. – «Селско-стопанска техника». – 1972. – № 5.

144. Furui J. Оценка равномерности распределения поливной воды при дождевании. IrrigatSc. 1980. – № 2. – Япония (англ.).

145. Alexandresen O. Методика расчета конструктивных параметров дождевальных установок. Hidrotechika 1983.18.3. 128-135. П. 30413. Реф. Журнал «Мелиорация», 1973, № 12.

146. Lateska M., Окерка J. Использование ЭВМ для оценки равномерности полива дождеванием. 1975.21.9. Polnohospodarstvo, ЧССР.

147. Okamura S. Teoretickastudie o vodnim paprskuz postřikavačev podminkach bez větri. Vodni hospodaritvi 1970, № 7.

148. Okamura S. Teoretickastudie o pohybu vadnih paprskuz postřikavačepri pusebe nivětri. Vodni hospodaritvi 1970, № 8.

149. Okamura S. Pozdelenivalikosti vodnichkapekv paprskuz postřikavače. Vodni hospodaritvi 1970, № 8.

150. Mirschel W. Model zur bustmning, des mittleren Tropfendurchmess entlang dem Wurfradins bei Drehstabregnen. Arch, Acker u Pflanzenbau und Baudencol. Berlin 28 (1984) B.C. 313 – 321.

151. Frast K.P., Schwalen H.G. Sprinkler evaporation losges Agricultural Engineering, 1955, № 36.

152. Etudes sur l'irrigation par aspersion en rigion sahclienne (Tillabery – Republique du Niger) – Argon trop. 1973, 28, 9; 901 – 915 Орошение дождеванием в Нигерии.

153. Schafer W., Koitzsch K. Wasserverluste durh Verdaenstung Wahrend der Beregnung – Arch. Aker. – u Pflannenbanund Bodenkd. 1974, 18, 12: 881 – 886.

## Приложение А

Таблица 1 - Технические данные круговых ЭДМФ-П «Волга-ФК1» с полиэтиленовым трубопроводом

Модификация машины	Кол-во пролетов	Длина машины, м	Расход воды, л/с	Давление воды на входе в машину, кгс/см <sup>2</sup>	Средняя интенсивность дождя по длине машины, мм/мин	Площадь полива, га	Мин. время одного оборота, час	Мин. норма полива за один оборот, куб. м/га	Масса машины без воды, т	Расход воды с конц. д/а, л/с	Расход воды с конц. д/а, л/с	Давление воды на входе в машину с конц. д/а кгм/см <sup>2</sup>	Площадь полива с КДА, га	Мин мощность генератора, кВт
ЭДМФ-П-71-5	1	71,3	7	1,8	0,36	1,9	2,98	2,7	3,0	14	2,5	3,5	2,98	2,0
ЭДМФ-П-122-10	2	122	10	1,8	0,36	5,3	5,93	4,0	4,1	19	2,8	7,7	5,93	4,0
ЭДМФ-П-170-18	3	170	18	2,0	0,4	9,9	8,72	5,7	5,2	27	3,4	13,1	8,72	6,0
ЭДМФ-П-211-20	4	211	20	2,5	0,45	15,0	11,1	5,3	6,3	29	3,5	18,9	11,1	9,0
ЭДМФ-П-261-25	5	261	25	2,5	0,46	22,7	14,0	5,5	7,4	34	3,5	27,4	14,0	10,0
ЭДМФ-П-320-30	6	319,8	30	2,6	0,46	33,7	17,4	5,6	8,5	39	3,6	39,3	17,4	12,0
ЭДМФ-П-375-55	7	375,2	55	3,0	0,71	46,0	20,6	8,8	9,7	64	4,0	52,6	20,6	15,0
ЭДМФ-П-426-65	8	426,4	65	3,3	0,75	59,1	23,6	9,3	10,9	74	4,3	66,6	23,6	16,5
ЭДМФ-П-473-70	9	473	70	3,5	0,71	72,6	26,3	9,1	12,2	79	4,5	80,8	26,3	19,0

### Примечание

1. ДМ «Волга-ФК1» состоит из пролетов  $\varnothing$  102 мм и длиной 51,3 м, консоль длиной 23,4 м; 16 м; 8 м; без консоли.
2. Полиэтиленовый трубопровод диаметром 63, 90, 110, 125, 140 и 160 мм (в зависимости от модификации машины).
3. Концевой дождевальнй аппарат – Комет (диаметр сопла 24 мм, давление-0,2 МПа, расход воды-8,69 л/с, радиус полива - 34,4 м) или «Роса-3»

Таблица 2 - Потери напора вдоль трубопровода для ДМ-81-7 (1 опорная)

Участок трубопровода, м	Расход воды на участке, л/с	Расход воды ПЭ в трубе, л/с	Диаметр ПЭ, мм	Потери напора по длине ПЭ труб, м
25	0,666	6,66	63	3,493
51	2,108	5,24	63	2,401
71	2,603	2,92	50	1,969
81	1,621			
КДА	1,621			
			Итого	7,865

Примечание: Расход воды 7 л/с подается только в полиэтиленовый трубопровод диаметром 63 мм на 1 пролете и диаметром 50 мм на консоли.

Таблица 3 - Потери напора вдоль трубопровода ДМ-132-10 (2 опорная)

Участок трубопровода, м	Расход воды на участке, л/с	Расход воды в ПЭ трубе, л/с	Диаметр ПЭ, мм	$h_{пэ}$ , м	$h_{ст}$ , м
25	0,358	1,49	50		
51	1,134		50	1,989	2,8
76	1,822	7,59	75	1,735	
102	2,656	5,36	75	0,973	
122	2,571	2,75	50	1,767	
132	1,457				
КДА	1,457				
			Итого	5,54 (2,8+0,97+1,76)	

Примечание: Расход воды 10 л/с подается следующим образом: на 1-ом пролете – 8,5 л/с - по стальному трубопроводу  $\varnothing$  102 мм и 1,5 л/с - по полиэтиленовому трубопроводу  $\varnothing$  50 мм и на 2 пролете - 8,5 л/с в полиэтиленовый трубопровод  $\varnothing$  75 мм;  $h_{пэ}$  и  $h_{ст}$  – потери напора по длине полиэтиленовых и стальных труб.

Таблица 4 - Потери напора вдоль трубопровода ДМ-174-18 (3 опорная)

Участок трубопровода, м.	Расход воды на участке, л/с	Расход воды в ПЭ трубе, л/с	Диаметр ПЭ, мм	$h_{пэ}$ , м	$h_{ст}$ , м
25	0,358	1,38	75	0,94	
51	1,134		75	0,85	3,0
76	1,822	4,15	75	0,67	
102	2,656		63	0,95	3,0
127	2,571	7,08	90	1,18	
154	1,457		90	0,70	
174		5,39	63	0,93	
184					
КДА		1,90			
			Итого	8,81 (3+3+1,18+0,7+0,93)	

Примечание - Расход воды 18 л/с подается по стальному трубопроводу 102 мм -10,5 л/с и по полиэтиленовому трубопроводу 75 мм на 1 и 2 пролеты -7,5 л/с и в полиэтиленовый трубопровод 90 мм на 3 пролете -10,5 л/с и на консоль ПЭ диаметром 63 мм.  $h_{пэ}$  и  $h_{ст}$  – потери напора по длине полиэтиленовых и стальных труб.

Таблица 5 - Радиус захвата дождем дождевальной насадки ( $R$ ) в зависимости от диаметра сопла ( $D$ ) и напора перед насадкой ( $H$ ) при высоте установки 2,0 м

D, мм	H, м вод. ст.	R, м	x = H/D	y = H/R	x · y	x <sup>2</sup>
6	5,5	3,8	0,916	1,447	1,325	0,840
6	8,0	4,5	1,333	1,777	2,369	1,777
6	14,0	5,5	2,333	2,545	5,938	5,444
6	19,5	6,0	3,250	3,250	10,502	10,562
6	30,0	6,5	5,0	4,615	23,075	25,0
8	7,5	4,8	0,937	1,562	1,464	0,878
8	19,5	6,3	2,437	3,095	7,543	5,941
8	28,5	6,8	3,562	4,191	14,940	12,690
10	4,0	3,2	0,40	1,250	0,50	0,160
10	7,2	5,0	0,720	1,440	1,037	0,518
10	9,1	6,0	0,910	1,516	1,380	0,828
10	14,0	7,0	1,40	2,00	2,80	1,960
10	16,3	7,4	1,630	2,202	3,590	2,656
10	18,0	7,5	1,80	2,400	4,320	3,240
10	18,3	7,8	1,830	2,346	4,293	3,348
14	3,5	3,5	0,250	1,0	0,250	0,063
14	5,0	4,5	0,357	1,111	0,397	0,128
12	13,0	7,5	1,083	1,733	1,877	1,174
12	28,0	8,5	2,330	3,294	7,675	5,440
12	58,0	8,5	4,833	6,823	32,97	23,361
14	5,8	5,2	0,414	1,115	0,461	0,172
14	15,0	8,5	1,071	1,764	1,890	1,148
14	30,0	9,5	2,142	3,157	6,764	4,592
6	32,6	6,0	5,433	5,433	29,520	29,520
14	2,7	2,7	0,193	1,0	0,193	0,037
16	16,0	10,2	1,0	1,568	1,568	1,0
16	24,5	10,8	1,531	2,268	3,470	2,344
Сумма			49,095	65,902	172,160	144,824

Расчет параметров  $a$  и  $b$  уравнения регрессии:

$$a = \frac{\sum Y \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \sum X \cdot Y}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{65,902 \cdot 144,824 - 49,095 \cdot 172,160}{27 \cdot 144,824 - 49,095^2} = \frac{1092,022}{1499,9398} = 0,728 ;$$

$$b = \frac{n \cdot \sum X \cdot Y - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2} = \frac{27 \cdot 172,160 - 49,095 \cdot 65,902}{27 \cdot 144,824 - 49,095^2} = \frac{1412,8613}{1499,9398} = 0,942.$$

$$R = \cdot H / (1,1 + 0,9 H/D),$$

## Приложение Б

### Расчет уравнения минимального диаметра капель дождя в начале радиуса захвата дождевальной насадки

По данным, приведенным в таблице приложения Б вычисляем коэффициенты регрессии. Значения парной корреляции определяем по формулам:

$$r_{12} = 1/N \cdot \sum t_1 \cdot t_2 = 2,1952/8 = 0,27440;$$

$$r_{01} = 1/N \cdot \sum t_0 \cdot t_1 = -4,4388/8 = -0,55485;$$

$$r_{02} = 1/N \cdot \sum t_0 \cdot t_2 = 3,088/8 = 0,38588.$$

Составляем систему нормального уравнения:

$$\beta_1 + 0,2744 \cdot \beta_2 = -0,55485;$$

$$0,2744 \cdot \beta_1 + \beta_2 = 0,38588.$$

Вычисляем определители  $\Delta, \Delta_1, \Delta_2$ :

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 0,2744 \\ 0,2744 & 1 \end{vmatrix} = 1 - 0,07529 = 0,9247$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} -0,55485 & 0,2744 \\ 0,38588 & 1 \end{vmatrix} = -0,55485 - 0,10588 = -0,66073$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & -0,5549 \\ 0,2744 & 0,3859 \end{vmatrix} = 0,38588 + 0,1522 = 0,5381$$

Таким образом:  $\beta_1 = \Delta_1/\Delta = -0,66073/0,9247 = -0,7145$ ;

$$\beta_2 = \Delta_2/\Delta = 0,5381/0,9247 = 0,58918;$$

Переходя к натуральному масштабу, получим:

$$a_1 = \beta_1 \cdot \sigma/\sigma_1 = -0,7145 \cdot 0,2533/0,169 = -1,0709;$$

$$a_2 = \beta_2 \cdot \sigma/\sigma_2 = 0,58918 \cdot 0,2533/0,2731 = 0,5397;$$

$$a_0 = Y - a_1 \cdot X_1 - a_2 \cdot X_2 = 1,109 - (-1,0709) \cdot x_1 - (0,5397) \cdot x_2 = 1,109 + 1,0709 \cdot 0,961 - 0,5397 \cdot 1,298 = 1,109 + 1,0281 - 0,70053 = 1,4375;$$

Уравнение регрессии в натуральном масштабе имеет вид:

$$\log(100d) = 1,4375 - 1,0709 \cdot \log D + 0,5397 \cdot \log H;$$

$$\log(100d) = \log d \cdot 274 - 1,07 \cdot \log D + 0,5397 \cdot \log H;$$

$$d = 0,274 \cdot D^{-1,07} \cdot H^{0,5397}; \quad d = 0,274 \cdot H^{0,539} / D^{-1,07}.$$

Коэффициент множественной регрессии имеет значение:

$$R_{y,x,x} = \sqrt{(r_{01}^2 + r_{02}^2 - 2r_{01} \cdot r_{02} \cdot r_{12}) / (1 - r_{12}^2)} =$$

$$\sqrt{(-0,55^2 + 0,385^2 - 2(-0,55) \cdot 0,38 \cdot 0,27) / (1 - 0,274^2)} = 0,779.$$

Таблица 1 - Расчет минимального диаметра капель дождя в начале радиуса захвата дождевальной насадки

$d_{max}$ , мм	D, мм	H, м/с	$y=\log$ (100d)	$X_1=$ $\log D$	$X_2=$ $\log H$	$y-y$	$x_1-x_1$	$x_2-x_2$	$(y-y)^2$	$(x_1-x_1)^2$	$(x_2-x_2)^2$	$t_1=(x_1-$ $x_1)/\sigma_1$	$t_2=(x_2-$ $x_2)/\sigma_2$	$t_0=(y-$ $y)/\sigma_0$	$t_1 \cdot t_2$	$t_1 \cdot t_0$	$t_2 \cdot t_0$
0,1	6	8,0	1	0,778	0,903	- 0,109	- 0,183	- 0,395	0,01188	0,03348	0,15602	- 1,082	-	-	1,5655	0,4656	0,6222
0,20	6	14,0	1,301	0,778	1,146	0,192	- 0,183	- 0,152	0,0368	0,03348	0,02310	- 1,082	- 0,5565	0,758	0,5143	- 0,8201	- 0,4218
0,25	6	32,6	1,398	0,778	1,513	0,289	- 0,183	0,215	0,0835	0,03348	0,04622	- 1,082	0,7872	1,1409	-	- 1,2344	0,8981
0,22	8	19,5	1,342	0,903	1,290	0,233	- 0,058	- 0,008	0,0542	0,00336	0,00006	- 0,343	- 0,0292	0,9199	0,0100	- 0,3155	- 0,0268
0,08	12	13,0	0,903	1,079	1,114	- 0,206	0,118	- 0,184	0,0424	0,01392	0,03385	0,698	- 0,6737	-	-	- 0,5678	0,5478
0,19	12	58,0	1,278	1,079	1,763	0,169	0,118	0,469	0,0285	0,01392	0,21622	0,698	1,7173	0,6672	1,1990	0,4658	1,1457
0,05	14	15,0	0,699	1,146	1,176	- 0,410	0,185	- 0,122	0,1681	0,03422	0,01488	1,095	- 0,4467	-	-	- 1,7724	0,7236
0,09	14	30,0	0,954	1,146	1,477	- 0,155	0,185	0,179	0,0240	0,03422	0,0320	1,095	0,6554	-	-	- 0,6700	- 0,4010
			$\Sigma$	8,875	7,687	10,382		$\Sigma$	0,44938	0,20008	0,52237			$\Sigma$	2,1952	-4,4388	3,0871
			x	1,109	0,961	1,298											
			$\sigma$	0,253	0,169	0,273											

Примечание:  $\Sigma$  – сумма значений; x – среднее значение;  $\sigma$  – среднеквадратичное отклонение.

## Приложение В

### Расчет уравнения максимального диаметра капель дождя в конце радиуса захвата дождевальной насадки

По данным, приведенным в таблице 1 приложения В, вычисляем коэффициенты регрессии. Значения парной корреляции определяем по формулам:

$$r_{12} = 1/N \cdot \sum t_1 \cdot t_2 = 3,5976/14 = 0,25697;$$

$$r_{01} = 1/N \cdot \sum t_0 \cdot t_1 = 6,0527/14 = 0,4323;$$

$$r_{02} = 1/N \cdot \sum t_0 \cdot t_2 = -7,4997/14 = -0,5357.$$

Составляем систему нормального уравнения:

$$\beta_1 + 0,25697 \cdot \beta_2 = 0,4323;$$

$$0,25697 \cdot \beta_1 + \beta_2 = -0,53569.$$

Вычисляем определители  $\Delta$ ,  $\Delta_1$ ,  $\Delta_2$ :

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & 0,25 \\ 0,25 & 1 \end{vmatrix} = 1 - 0,0625 = 0,9375;$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} 0,43 & 0,25 \\ -0,53 & 1 \end{vmatrix} = 0,4323 + 0,1376 = 0,5699;$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & 0,43 \\ 0,25 & -0,53 \end{vmatrix} = -0,5357 - 0,1111 = -0,6466.$$

Таким образом:  $\beta_1 = \Delta_1/\Delta = 0,56995/0,934 = 0,61022$ ;

$$\beta_2 = \Delta_2/\Delta = -0,64677/0,934 = -0,69248.$$

Переходя к натуральному масштабу, получим:

$$a_1 = \beta_1 \cdot \sigma/\sigma_1 = 0,61022 \cdot 0,1264/0,1570 = 0,4913;$$

$$a_2 = \beta_2 \sigma/\sigma_2 = -0,629 \cdot 0,1264/0,2438 = -0,3590;$$

$$a_0 = Y - a_1 \cdot X_1 - a_2 \cdot X_2 = 0,222 - 0,4913 \cdot x_1 + 0,3590 \cdot x_2 = 0,222 - 0,49 \cdot 1,0 + 0,359 \cdot 1,287 = 0,222 - 0,4913 + 0,46206 = 0,19277.$$

Уравнение регрессии в натуральном масштабе имеет вид:

$$\log d = 0,1927 + 0,491 \cdot \log D - 0,359 \cdot \log H;$$

$$\log d = 1,558 \cdot \log d + 0,491 \cdot \log D - 0,359 \cdot \log H;$$

$$d = 1,558 \cdot D^{0,49} \cdot H^{-0,359}.$$

Коэффициент множественной регрессии имеет значение:

$$R_{y,x,x} = \sqrt{(r_{01}^2 + r_{02}^2 - 2r_{01} \cdot r_{02} \cdot r_{12}) / (1 - r_{12}^2)} = \sqrt{(-0,43^2 + 0,53^2 - 2 \cdot 0,43 \cdot 0,53 \cdot 0,26) / (1 - 0,256^2)} = 0,616.$$

Таблица 1 - Расчет максимального диаметра капель дождя в конце радиуса захвата дождевальной насадки

$d_{\max}$ , мм	D н, мм	H, м/с	$\lg d$	$\lg D$	$\lg H$	y-y	$x_1-$ $x_1$	$x_2-$ $x_2$	(y-y) <sup>2</sup>	( $x_1-x_1$ ) <sup>2</sup>	( $x_2-x_2$ ) <sup>2</sup>	$t_1=(x_1-$ $x_1)/\sigma_1$	$t_2=(x_2-$ $x_2)/\sigma_2$	$t_0=(y-$ $y)/\sigma_0$	$t_1 \cdot t_2$	$t_1 \cdot t_0$	$t_2 \cdot t_0$
1,90	6	8,0	0,278	0,778	0,903	0,056	- 0,222	- 0,384	0,0031	0,0492	0,1474	- 1,4140	- 1,5750	0,4430	2,2270	- 0,626	- 0,6977
1,30	6	14,0	0,114	0,778	1,146	- 0,108	- 0,222	- 0,141	0,0117	0,0492	0,0198	- 1,4140	- 0,5780	0,8544	0,8170	1,208	0,4938
1,10	6	32,6	0,040	0,778	1,531	- 0,182	- 0,222	0,244	0,0331	0,0492	0,0595	- 1,4140	1,0008	- 1,4399	- 1,4150	2,036	- 1,4410
2,20	8	7,5	0,342	0,903	0,875	0,120	- 0,097	- 0,412	0,0144	0,0094	0,1697	- 0,6178	- 1,6899	0,9494	1,0440	- 0,586	- 1,6044
1,35	8	19,5	0,130	0,903	1,290	- 0,092	- 0,097	0,003	0,0085	0,0094	0	- 0,6178	0,0123	- 0,7279	- 0,0076	0,449	- 0,0089
1,35	8	28,5	0,130	0,903	1,454	- 0,092	- 0,097	0,167	0,0085	0,0094	0,0279	- 0,6178	0,6849	- 0,7279	- 0,4238	0,449	- 0,4985
2,20	10	18,0	0,342	1,0	1,255	0,120	0	- 0,032	0,0144	0	0,0010	0	- 0,1312	0,9494	0	0	- 0,1245
2,30	12	13,0	0,361	1,079	1,113	0,139	0,079	- 0,174	0,0193	0,0064	0,0302	0,5031	- 0,7137	1,0997	- 0,3591	0,5533	- 0,7848
1,70	12	28,0	0,230	1,079	1,447	0,008	0,079	0,160	0,00006	0,0064	0,0256	0,5031	0,6562	0,0633	0,3302	0,0318	0,0415
1,05	12	58,0	0,021	1,079	1,763	- 0,201	0,079	0,476	0,0404	0,0064	0,2265	0,5031	1,9520	- 1,5902	0,9824	0,8001	- 3,104
2,10	14	15,0	0,322	1,146	1,176	0,10	0,146	- 0,111	0,01	0,0213	0,0123	0,9299	- 0,4552	0,7911	- 0,4233	0,7356	- 0,3601
1,50	14	3,0	0,176	1,146	1,477	- 0,046	0,146	0,190	0,0021	0,0213	0,0361	0,9299	0,7793	- 0,3639	0,7246	0,3384	- 0,2835
2,20	16	16,0	0,342	1,204	1,204	0,120	0,204	- 0,083	0,0144	0,0416	0,0068	1,2990	- 0,3404	- 0,9494	- 0,4422	1,2336	0,3231
1,90	16	24,5	0,278	1,204	1,389	0,166	0,204	0,102	0,0276	0,0176	0,0104	1,2990	0,4183	1,3133	0,5434	1,7064	0,5493
		Σ	3,106	13,980	18,023			Σ	0,2076	0,3208	0,7732			Σ	3,5976	6,0527	-7,4997
		y	0,2220	1,0	1,287												
		σ	0,1264	0,157	0,2438												

Примечание: Σ – сумма значений; x – среднее значение; σ – среднеквадратичное отклонение.



Таблица 2 - Расчетные значения диаметра капель дождя вдоль радиуса захвата дефлекторной насадки

$D$ , мм	$P$ , МПа	$d_{\min}$ , мм	$d_{\max}$ , мм	$(X_i/R)/d_i$	$(X_i/R)/d_i$	$(X_i/R)/d_i$
6	0,080	0,123	1,781	0,180/0,283	0,440/0,601	0,890/1,481
6	0,140	0,167	1,455	0,180/0,292	0,450/0,550	0,910/1,242
6	0,326	0,264	1,075	0,167/0,336	0,500/0,542	0,833/0,859
8	0,075	0,087	2,098	-	0,400/0,598	0,833/1,564
8	0,195	0,147	1,489	0,130/0,237	0,476/0,577	0,880/1,225
8	0,285	0,180	1,299	-	0,357/0,425	0,880/1,079
10	0,180	0,110	1,709		0,400/0,516	0,800/1,210
12	0,130	0,076	2,101	0,130/0,212	0,530/0,828	0,933/1,872
12	0,280	0,117	1,595	-	0,470/0,582	0,823/1,181
12	0,580	0,171	1,228	0,120/0,236	0,529/0,392	0,823/0,932
14	0,150	0,072	2,153	0,120/0,198	0,410/0,616	0,823/1,568
14	0,300	0,102	1,679	0,100/0,180	0,470/0,598	0,840/1,276

## Приложение Г

### Математические зависимости для статистической обработки значений опытов

Все экспериментальные значения полевых и лабораторных опытов обрабатывались методами математической статистики. Параметры характеризовались:

- средней величиной распределения:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}, \quad (1)$$

где  $X_i$  – результат отдельного измерения;

$n$  – число измерений.

- дисперсией распределения:

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

- среднеквадратичным отклонением:

$$\sigma = D^{0.5}. \quad (3)$$

- коэффициентом вариации:

$$KB = \frac{100 \cdot \sigma}{\bar{X}}. \quad (4)$$

- точностью опыта:

$$P = \frac{100 \cdot \sigma}{\bar{X} \cdot n^{0.5}}. \quad (5)$$

Средняя относительная ошибка аппроксимации определялась по формуле [39, 98]:

$$e = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{Y_{\phi i} - Y_{p i}}{Y_{p i}} \right| 100 \% \quad (6)$$

Остаточная дисперсия:

$$D_{ост}^2 = \sum (Y_{\phi} - Y_p)^2 / (N - V - 1), \quad (7)$$

где  $V$  – количество факторов;

$N$  – количество замеров;

$Y_{\phi}$  – фактическая величина;

$Y_p$  – расчетная величина.

Оценка адекватности уравнения регрессии осуществлялась по критерию Фишера [39, 80, 98]:

$$F = D^2 / D_{ост}^2, \quad (8)$$

где  $D^2 = \sum (Y_i - Y)^2 / (N - 1)$  – общая дисперсия.

Коэффициент множественной корреляции [39,80,98]:

$$R_m = (1 - D_{ост}^2 / D^2)^{0,5}. \quad (9)$$

Таблица 1 – Число случаев распределения объёма воды в дождемерах на ДМ «Волга-ФК1» в ОПХ «ВолжНИИГиМ»

Номер интервала	Интервал объёма воды в дождемерах, мл	Частота случаев, шт.	Характеристики распределения
1	470-595	3	$V_{\min} = 470$ мл
2	595-720	3	$V_{\max} = 1720$ мл
3	720-845	5	$V_{\text{ср.}} = 1165,2$ мл
4	845-970	8	$K_{\text{эф.п.}} = 0,707$
5	970-1095	11	$K_{\text{н.п.}} = 0,171$
6	1095-1220	12	$K_{\text{из.п.}} = 0,122$
7	1220-1345	13	
8	1345-1470	10	$V_{\text{ср}0,75} = 873,9$ мл
9	1470-1595	2	$V_{\text{ср}1,25} = 1456,5$ мл
10	1595-1720	6	

Таблица 2– Объём воды в дождемерах после прохода ДМ «Волга-ФК1» в ОПХ «ВолжНИИГиМ» (учащённая схема расстановки УПО с дождевальными насадками; скорость движения последней тележки – 0,71 м/мин; норма полива – 200 м<sup>3</sup>/га;  $K_{эф.п.} = 0,667$ ;  $K_{н.п.} = 0,148$ ;  $K_{из.п.} = 0,184$ )

Расстояние от неподвижной опоры, м	Объём воды в дождемере, мл	Расстояние от неподвижной опоры, м	Объём воды в дождемере, мл	Расстояние от неподвижной опоры, м	Объём воды в дождемере, мл
1	2	3	4	5	6
0	380	52	520	104	360
2	550	54	390	106	470
4	530	56	560	108	540
6	270	58	390	110	390
8	230	60	480	112	560
10	210	62	510	114	440
12	350	64	350	116	410
14	490	66	470	118	530
16	430	68	440	120	440
18	400	70	430	122	390
20	480	72	540	124	600
22	550	74	300	126	510
24	310	76	400	128	310
26	400	78	570	130	560
28	280	80	370	132	370
30	430	82	450	134	490
32	360	84	350	136	350
34	280	86	320	138	420
36	380	88	450	140	460
38	410	90	370	142	490
40	510	92	620	144	610
42	300	94	310	146	600
44	350	96	270	148	650
46	360	98	450	150	570
48	440	100	430	152	460
50	360	102	380	154	380

Таблица 3 – Число случаев распределения объёма воды в дождемерах на ДМ «Волга-ФК1» в ОПХ «ВолжНИИГиМ»

Номер интервала	Интервал объёма воды в дождемерах, мл	Частота случаев, шт.	Характеристики распределения
1	210-251	2	$V_{min} = 210$ мл
2	251-292	4	$V_{max} = 620$ мл
3	292-333	6	$V_{ср.} = 430$ мл
4	333-374	12	$K_{эф.п.} = 0,667$
5	374-415	13	$K_{н.п.} = 0,1485$
6	415-456	12	$K_{из.п.} = 0,1847$
7	456-497	9	
8	497-538	6	$V_{ср 0,75} = 322,5$ мл
9	538-579	9	$V_{ср 1,25} = 537,5$ мл
10	579-620	4	

## Приложение Д

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **160 893** (13) **U1**(51) МПК  
A01G 25/09 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015129888/13, 20.07.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
20.07.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.07.2015

(45) Опубликовано: 10.04.2016 Бюл. № 10

Адрес для переписки:

413123, Саратовская обл., г. Энгельс, ул.  
Гагарина, 1, ФГБНУ "ВолжНИИГиМ", ученый  
секретарь

(72) Автор(ы):

Рыжко Николай Федорович (RU),  
Щушпанов Иван Анатольевич (RU),  
Рыжко Сергей Николаевич (RU),  
Акпасов Антон Павлович (RU),  
Аверичев Алексей Викторович (RU),  
Органов Михаил Сергеевич (RU)

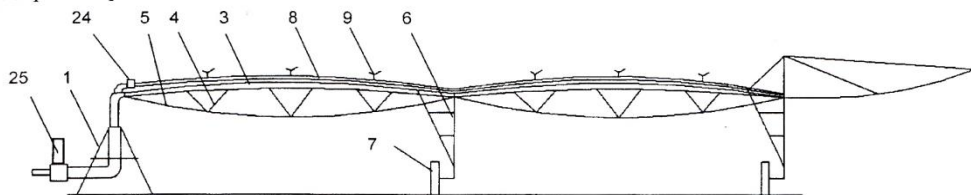
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Волжский научно-  
исследовательский институт гидротехники  
и мелиорации" (ФГБНУ "ВолжНИИГиМ")  
(RU)

(54) ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА

(57) Формула полезной модели

Дождевальная машина кругового действия, состоящая из неподвижной опоры, водопроводящего стального трубопровода фермового типа, смонтированного на тележках с колесами, отличающаяся тем, что тележки машины снабжены гидромоторами, которые напорными рукавами при помощи двух запорных кранов и регулирующего клапана соединены с трубопроводом машины, а сливными рукавами с двумя запорными кранами соединены со сливной магистралью с дождевальными дефлекторными насадками, кроме того, сверху стального трубопровода при помощи хомутов и направляющих смонтирован полиэтиленовый трубопровод с дождевальными дефлекторными насадками.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **184 629**<sup>(13)</sup> **U1**(51) МПК  
A01G 25/09 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**(12) ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**(52) СПК  
A01G 25/09 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2018124423, 03.07.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
03.07.2018Дата регистрации:  
01.11.2018Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 03.07.2018

(45) Опубликовано: 01.11.2018 Бюл. № 31

Адрес для переписки:  
413123, Саратовская обл., г. Энгельс, ул.  
Гагарина, 1, ФГБНУ "ВолжНИИГиМ", ученый  
секретарь

(72) Автор(ы):

Рыжко Николай Федорович (RU),  
Шушпанов Иван Анатольевич (RU),  
Рыжко Наталья Васильевна (RU),  
Рыжко Сергей Николаевич (RU),  
Смирнов Евгений Станиславович (RU),  
Ботов Сергей Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Волжский  
научно-исследовательский институт  
гидротехники и мелиорации" (ФГБНУ  
"ВолжНИИГиМ") (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2654341 C1, 17.05.2018. RU  
163954 U1, 20.08.2016. US 8763937 B2,  
01.07.2014. US 9459628 B1, 04.10.2016. CN  
203523468 U, 09.04.2014.**(54) ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА****(57) Формула полезной модели**

Дождевальная машина кругового действия, состоящая из неподвижной опоры, ферменных пролетов, образованных верхним и нижним параллельными поясами, включающих водопроводящий стальной трубопровод с раскосами и растяжками и опирающихся на тележки с колесами, отличающаяся тем, что под стальным трубопроводом смонтирован стеклопластиковый трубопровод с гибкими вставками, а на растяжках ферменных пролетов смонтированы подвижные кронштейны с тросоцепочными фиксаторами, при этом в центральной части ферменных пролетов на конце каждого кронштейна закреплена направляющая с зажимом, удерживающим напорный рукав с переходником и дождевальной насадкой кругового полива со съёмным дефлектором, а на ферменных пролетах в районе тележек на конце каждого кронштейна закреплена поворотная направляющая, которая фиксирует напорный рукав с переходником и дождевальной насадкой секторного полива, кроме того, при изготовлении съёмного дефлектора насадки линия разъема литьевой пресс-формы должна проходить на 3 мм, h - не менее 3 мм, ниже верхней точки дефлектора.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11)**197 334** (13) **U1**(51) МПК  
A01G 25/09 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**(12) ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**(52) СПК  
A01G 25/09 (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2019137912, 22.11.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
22.11.2019Дата регистрации:  
21.04.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.11.2019

(45) Опубликовано: 21.04.2020 Бюл. № 12

Адрес для переписки:

413123, Саратовская обл., Энгельский р-н, р.п.  
Приволжский, ул. Гагарина, 1, Федеральное  
государственное бюджетное научное  
учреждение "Волжский научно-  
исследовательский институт гидротехники и  
мелиорации", ученый секретарь

(72) Автор(ы):

Рыжко Николай Федорович (RU),  
Рыжко Сергей Николаевич (RU),  
Хорин Сергей Александрович (RU),  
Карпова Ольга Валериевна (RU),  
Ломакин Максим Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Волжский  
научно-исследовательский институт  
гидротехники и мелиорации" (ФГБНУ  
"ВолжНИИГиМ") (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 169912 U1, 06.04.2017. RU 74033  
U1, 20.06.2008. Б.П. ФОКИН, А.К. НОСОВ  
"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
ПРИМЕНЕНИЯ МНОГООПОРНЫХ  
ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН", НАУЧНОЕ  
ИЗДАНИЕ. - СТАВРОПОЛЬ, 2011. - с. 80. DE  
102015211756 A1, 29.12.2016.

(54) ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА

(57) Формула полезной модели

Дождевальная машина, включающая неподвижную опору, самоходные тележки с гидроприводами, на которых смонтирован напорный трубопровод с системой вертикальных и горизонтальных тросов, отличающаяся тем, что устройство приповерхностного дождевания выполнено в виде напорного рукава, который через переходник соединен с дождевальной насадкой с дефлектором «обратный конус» и фильтром с отверстиями, причем диаметр отверстий фильтра меньше диаметра сопла, кроме того, дождевальные насадки в первой половине трубопровода машины имеют внутреннюю цилиндрическую полость, а во второй половине трубопровода машины - внутреннюю цилиндрическую полость с конусом, угол которого 150...160°, также горизонтальный трос снабжен кронштейном.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

[A01G 25/09 \(2006.01\)](#)

(52) СПК

[A01G 25/09 \(2006.01\)](#)

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: [2017110109](#), 27.03.2017(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
27.03.2017Дата регистрации:  
22.01.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.03.2017

(45) Опубликовано: [22.01.2018](#) Бюл. № 3(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: [RU 154814 U1](#), 10.09.2015. [RU 163954](#)  
[U1](#), 20.08.2016. [RU 157637 U1](#), 10.12.2015. [SU](#)  
[1519593 A1](#), 07.11.1989.

Адрес для переписки:

413123, Саратовская обл., г. Энгельс, ул.  
Гагарина, 1, ФГБНУ "ВолжНИИГиМ", пат.  
пов. П.Г. Фомина

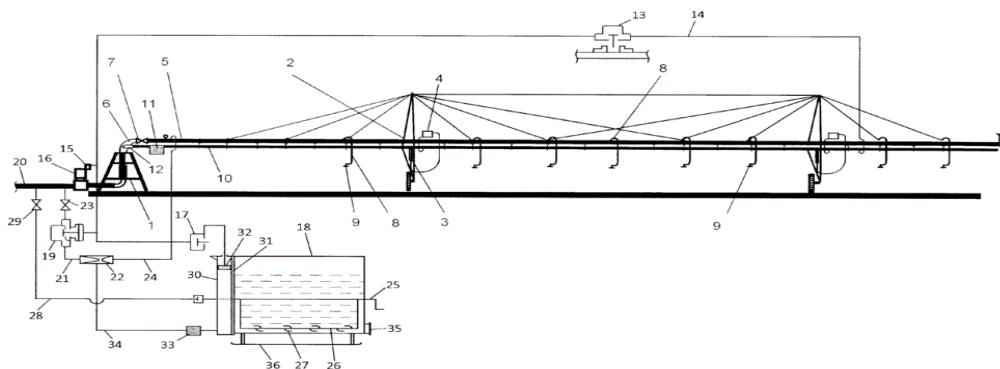
(72) Автор(ы):

**Рыжко Николай Федорович (RU),  
Шушпанов Иван Анатольевич (RU),  
Гопкалов Юрий Антонович (RU),  
Рыжко Сергей Николаевич (RU),  
Ботов Сергей Васильевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Волжский научно-  
исследовательский институт гидротехни-  
ки и мелиорации" (ФГБНУ "ВолжНИИ-  
ГиМ") (RU)**

Дождевальная машина, включающая неподвижную опору с поворотным коленом и дисковым затвором, трубопровод, опирающийся на самоходные тележки с гидроприводами, дополнительный полиэтиленовый трубопровод, соединенный через фильтр тонкой очистки с поворотным коленом до дискового затвора и с гидроприводами тележек, технологическая емкость для приготовления раствора минеральных удобрений, отличающаяся тем, что она снабжена инжектором, входной рукав которого соединен с трубопроводом закрытой оросительной сети до гидрозадвижки, выходной рукав которого соединен с трубопроводом дождевальной машины после дискового затвора, а всасывающий рукав инжектора соединен с заборной трубой технологической емкости, в которой установлена мешалка с барборатором и гидравлическими насадками и очистной фланец.



Фиг. 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11)

180 447<sup>(13)</sup> U1(51) МПК  
A01G 25/09 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(12) **ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**(52) СПК  
A01G 25/09 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017139807, 15.11.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.11.2017Дата регистрации:  
14.06.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.11.2017

(45) Опубликовано: 14.06.2018 Бюл. № 17

Адрес для переписки:

413123, Саратовская обл., г. Энгельс, ул.  
Гагарина, 1, ФГБНУ "ВолжНИИГиМ", пат. пов.  
П.Г. Фомина

(72) Автор(ы):

Рыжко Николай Федорович (RU),  
Рыжко Сергей Николаевич (RU),  
Рыжко Наталья Васильевна (RU),  
Ботов Сергей Васильевич (RU),  
Хорин Сергей Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Волжский  
научно-исследовательский институт  
гидротехники и мелиорации" (ФГБНУ  
"ВолжНИИГиМ") (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2212787 C2, 27.09.2003. SU  
1808270 A1, 15.04.1993. SU 670283 A1,  
30.06.1979. RU 2632492 C2, 05.10.2017.(54) **ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА**(57) **Формула полезной модели**

Дождевальная машина кругового действия, состоящая из неподвижной опоры, основного стального трубопровода с дисковым затвором и дождевальными насадками, установленными на устройствах приповерхностного полива, самоходных тележек с гидроприводами, дополнительного полиэтиленового трубопровода, соединенного с поворотным коленом машины до дискового затвора, подающего воду в гидроприводы тележек, отличающаяся тем, что в поворотном колене неподвижной опоры смонтирован фильтр тонкой очистки воды, а на дополнительном полиэтиленовом трубопроводе установлен диафрагменный клапан, который гидроканалом соединен с клапаном управления, шток которого через пружину соединен с упором мембранного клапана, который гидроканалом соединен с трубкой гидрозащиты.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **169 912** (13) **U1**  
(51) МПК  
*A01G 25/09* (2006.01)

**(12) ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2016136589, 12.09.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
12.09.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.09.2016

(45) Опубликовано: 06.04.2017 Бюл. № 10

Адрес для переписки:

413123, Саратовская обл., г. Энгельс, ул.  
Гагарина, 1, ФГБНУ "ВолжНИИГиМ", ученый  
секретарь

(72) Автор(ы):

**Рыжко Николай Федорович (RU),  
Гопкалов Юрий Антонович (RU),  
Рыжко Сергей Николаевич (RU),  
Рыжко Наталья Васильевна (RU),  
Карпова Ольга Валериевна (RU),  
Ботов Сергей Васильевич (RU),  
Органов Михаил Сергеевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

**Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Волжский научно-  
исследовательский институт гидротехники  
и мелиорации" (ФГБНУ "ВолжНИИГиМ")  
(RU)**

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 74033 U1, 20.06.2008. RU  
2242116 C1, 20.12.2004. RU 2248119 C1,  
20.03.2005. SU 1382448 A1, 23.03.1988.

(54) Дождевальная машина

(57) Формула полезной модели

Дождевальная машина, включающая неподвижную опору, напорный трубопровод, смонтированный на самоходных тележках с гидроприводами, отличающаяся тем, что устройства приповерхностного дождевания в начале машины выполнены в виде напорного рукава, верхний конец которого закреплен на патрубке с фиксатором, а на нижнем конце напорного рукава посредством переходника с кронштейном монтируется дождевальная насадка с дефлектором «обратный конус»; во второй половине машины и в районе тележек отводы устройства приповерхностного дождевания снабжены рычагом с фиксатором, а на переходнике с кронштейном устанавливается секторная насадка.

RU 169912 U1

RU 169912 U1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **170 892** (13) **U1**(51) МПК  
A01G 25/09 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(12) **ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2016131741, 01.08.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
01.08.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.08.2016

(45) Опубликовано: 12.05.2017 Бюл. № 14

Адрес для переписки:

413123, Саратовская обл., г. Энгельс, ул.  
Гагарина, 1, ФГБНУ "ВолжНИИГиМ", пат.пов.  
П.Г. Фомина

(72) Автор(ы):

Рыжко Николай Федорович (RU),  
Гопкалов Юрий Антонович (RU),  
Рыжко Сергей Николаевич (RU),  
Рыжко Наталья Васильевна (RU),  
Карпова Ольга Валериевна (RU),  
Ботов Сергей Васильевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Волжский научно-  
исследовательский институт гидротехники  
и мелиорации" (ФГБНУ "ВолжНИИГиМ")  
(RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 74033 U1, 26.06.2008. RU  
2318373 C1, 10.03.2008. RU 140830 U1,  
20.05.2014. UA 84467 U, 25.10.2013.

(54) Дождевальная машина

## (57) Формула полезной модели

Дождевальная машина, включающая неподвижную опору, напорный трубопровод, смонтированный на самоходных тележках с гидроприводами, отличающаяся тем, что устройства приповерхностного дождевания в начале машины выполнены в виде сборных труб и снабжены дождевальными насадками с дефлекторами «обратный конус», а во второй половине машины и в районе тележек устройства приповерхностного дождевания снабжены переходниками и секторными насадками, причем секторные насадки возле тележек обеспечивают полив в сторону, противоположную направлению их движения.

RU 170892 U1

RU 170892 U1



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11)**178 776** (13) **U1**(51) МПК  
A01G 25/09 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**(12) ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**(52) СПК  
A01G 25/09 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017135034, 04.10.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
04.10.2017Дата регистрации:  
19.04.2018Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 04.10.2017

(45) Опубликовано: 19.04.2018 Бюл. № 11

Адрес для переписки:  
413123, Саратовская обл., г. Энгельс, ул.  
Гагарина, 1, ФГБНУ "ВолжНИИГиМ", пат. пов.  
П.Г. Фомина

(72) Автор(ы):

Рыжко Николай Федорович (RU),  
Шушпанов Иван Анатольевич (RU),  
Рыжко Сергей Николаевич (RU),  
Ботов Сергей Васильевич (RU),  
Хорин Сергей Александрович (RU),  
Рыжко Наталья Васильевна (RU),  
Смирнов Евгений Станиславович (RU),  
Чихачев Александр Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
научное учреждение "Волжский  
научно-исследовательский институт  
гидротехники и мелиорации" (ФГБНУ  
"ВолжНИИГиМ") (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2212787 C2, 27.09.2003. RU  
2632492 C2, 05.10.2017. RU 2328849 C2,  
20.07.2008. RU 86392 U1, 10.09.2009.(54) **ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА**

(57) Формула полезной модели

Дождевальная машина кругового действия, состоящая из неподвижной опоры, основного полиэтиленового трубопровода с дисковым затвором и дождевальными насадками, установленными на устройствах приповерхностного полива, самоходных тележек с гидроприводами, дополнительного стального трубопровода, соединенного с поворотным коленом машины до дискового затвора, подающего воду в гидроприводы тележек, гидроподкормщика и бака с химическим раствором, отличающаяся тем, что на дополнительном стальном трубопроводе монтируются малорасходные среднеструйные дождевальные аппараты с гидроклапанами, а на основном полиэтиленовом трубопроводе на устройствах приповерхностного дождевания - дождевальные насадки со съёмными дефлекторами, выполненными в виде двух полуцилиндрических плоскостей, образующих центральный клин, высота которого меньше высоты кромок дефлектора на 4-5 мм, а угол подъема кромок составляет 15-20°, кроме того, подача химвраствора в основной полиэтиленовый трубопровод

**Приложение Е**

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ДЕПАРТАМЕНТ РАСТЕНИЕВОДСТВА, МЕХАНИЗАЦИИ,  
ХИМИЗАЦИИ И ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ**

**ФГБУ «ПОВОЛЖСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЗОНАЛЬНАЯ  
МАШИНОИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ»**

Для служебного  
пользования  
экз. № \_\_\_\_\_

**ПРОТОКОЛ № 08-16П-2016**

от 22 ноября 2016 года

**ПРИЁМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ  
ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ ФЕРМЕННОЙ  
КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ «ВОЛГА-ФК1»  
С ПОЛИЭТИЛЕНОВЫМ ТРУБОПРОВОДОМ**

(по договорам № 15/1-16 от 05 мая 2016 года  
№ 26/1-16 от 01 июля 2016 года)

г. Кинель, 2016 г.

## ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Приёмочными испытаниями электрифицированной дождевальная машины ферменной кругового действия «Волга-ФК1» с полиэтиленовым трубопроводом, проведёнными в объёме 300 часов установлено:

- машина соответствует требованиям НД по показателям назначения, надёжности и безопасности, рекомендуется к применению в сельскохозяйственном производстве.

Директор

Главный инженер

Заведующий КИЛ

Заведующий лабораторией

Ведущий инженер

Представитель  
завода-изготовителя



В.М. Пронин

А.А. Медведев

О.М. Беляев

С.А. Комаров

С.А. Комаров

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ДЕПАРТАМЕНТ РАСТЕНИЕВОДСТВА, МЕХАНИЗАЦИИ,  
ХИМИЗАЦИИ И ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ**

**ФГБУ «ПОВОЛЖСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЗОНАЛЬНАЯ  
МАШИНОИСПЫТАТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ»**

*Аттестат аккредитации № RA.RU.21AP87 дата внесения в реестр 24.03.2017*

**УТВЕРЖДАЮ**

**Врио директора**

**ФГБУ «Поволжская МИС»**

**В.А. Михайлов**



**2020 г.  
МП**

**ПРОТОКОЛ № 08 - 78С - 2020**

**от 8 декабря 2020 года**



**сертификационных испытаний  
электрифицированной дождевальнoй машины  
ферменной кругового действия «ВОЛГА-ФК1»  
с полиэтиленовым трубопроводом**

*Настоящий протокол не может быть полностью или частично воспроизведен,  
тиражирован и распространен без разрешения ФГБУ «Поволжская МИС».*

*Протокол испытаний касается только образцов, подвергнутых испытаниям*

**г. Кинель, 2020 год**



<b>ЕВРАЗИЙСКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ СОЮЗ</b>	
	<b>СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ</b>
№ РАЭС RU C-RU.AF56 B 00362/20	
Серия <b>RU</b> № <b>0180578</b>	
	
<b>ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ</b>	
продукции и услуг Общества с ограниченной ответственностью "Самарский центр испытаний и сертификации". Место нахождения (адрес юридического лица) и адрес места осуществления деятельности: 443029, Российская Федерация, Самарская область, г. Самара, ул. Шверника, 15. Регистрационный номер аттестата аккредитации RA.RU.10AE56 от 05.08.2015. Телефон +7(846)222-4884, адрес электронной почты info@certific.info	
<b>ЗАЯВИТЕЛЬ</b> Общество с ограниченной ответственностью "АгроТехСервис". Место нахождения (адрес юридического лица) и адрес места осуществления деятельности: 413092, Российская Федерация, Саратовская область, город Маркс, проспект Ленина, дом 64. ОГРН: 1086443000160. Номер телефона +7(84567)54120, адрес электронной почты agrotexservis.marx@yandex.ru	
<b>ИЗГОТОВИТЕЛЬ</b> Общество с ограниченной ответственностью "АгроТехСервис". Место нахождения (адрес юридического лица) и адрес места осуществления деятельности по изготовлению продукции: 413092, Российская Федерация, Саратовская область, город Маркс, проспект Ленина, дом 64	
<b>ПРОДУКЦИЯ</b> Машины сельскохозяйственные. Электрифицированная дождевальная машина ферменная кругового действия "Волга-ФК1" с полиэтиленовым трубопроводом. Продукция изготовлена в соответствии с "Электрифицированная дождевальная машина ферменная кругового действия "Волга-ФК1" с полиэтиленовым трубопроводом (ЭДМФ-П "Волга-ФК1"). Технические условия" ТУ 28.30.60-001-82670919-2020. Серийный выпуск	
<b>КОД ТН ВЭД ВАРС</b> 8424 82 100 0	
<b>СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ</b> ТР ТС 010/2011 "О безопасности машин и оборудования"	
<b>СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ ВЫДАН НА ОСНОВАНИИ</b> протокола испытаний № 08-78С-2020 от 08.12.2020 Федерального государственного бюджетного учреждения "Поволжская государственная зональная машиноиспытательная станция", уникальный номер записи об аккредитации в реестре аккредитованных лиц RA.RU.21AP187; акта о результатах анализа состояния производства № 27758 от 13.11.2020 Органа по сертификации продукции и услуг Общества с ограниченной ответственностью "Самарский центр испытаний и сертификации"; обоснования безопасности ЭДМФ-П-001-82670919-2020 КОБ от 01.06.2020; паспорта на изделие ЭДМФ-П-001-82670919-2020 от 09.11.2020; руководства по эксплуатации ЭДМФ-П-00.00.000 РЭ от 09.11.2020. Схема сертификации: 1с	
<b>ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ</b> Сведения о стандартах, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований ТР ТС 010/2011 (Приложение № 1 на 1 листе, бланк № 0737471). Срок службы 12 лет. Хранение осуществляется на месте эксплуатации согласно руководству по эксплуатации. Место нанесения знака обращения на рынке: на изделии, на сопроводительной технической документации	
<b>СРОК ДЕЙСТВИЯ С</b> 10.12.2020	<b>ПО</b> 09.12.2025
<b>ВКЛЮЧИТЕЛЬНО</b>	
Руководитель (уполномоченное лицо) органа по сертификации	Петренко Виктор Васильевич (И.О.)
Эксперт (эксперт-аудитор) (эксперты (эксперты-аудиторы))	Староткин Александр Фёдорович (И.О.)



## Приложение Ж

### АКТ ВНЕДРЕНИЯ

1. Наименование организации и объекта, где внедрено мероприятие  
*ОПХ «ВолжНИИГиМ» Энгельсского района Саратовской области*
2. Шифр работы, наименование мероприятия, по какому плану внедрялось  
*Тема 2.1.3 «Провести исследования и разработать рекомендации по использованию почвозащитных технологий полива многоопорными дождевальными машинами с целью повышения урожайности с.-х. культур и сохранения благоприятного эколого-мелиоративного состояния почв в агроландшафтах Поволжского региона»*
3. Наименование научной организации, проводящей научную разработку и опытное освоение внедряемого мероприятия

ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»

4. Срок начала внедрения мероприятия - 2020 г.
5. Краткая характеристика и новизна внедряемого мероприятия, взамен чего внедряется

*На дождевальных машинах «Фрегат» и «Волга-ФК1» внедрены усовершенствованные устройства приповерхностного дождевания с новыми дефлекторными насадками, что обеспечивает:*

- снижение средней интенсивности и мощности дождя в 1,15-1,5 раза и формирование мелкокапельного дождя (средний диаметр 0,5-0,9 мм);
- снижение потерь воды на испарение и снос (при уменьшении высоты подъема дождевого облака с 4,5-6 м до 1,5 м) с 12-20 % до 4-11 %;
- повышение равномерности полива при учащенной расстановке до 0,75-0,8.

*К преимуществам дождевальных насадок относятся высокая надежность работы и низкая стоимость (в 3-5 раз меньше зарубежных). Улучшение качественных показателей полива способствует повышению урожайности на 7-18 %.*

6. Основные показатели внедренного мероприятия:

- а) фактический объем внедрения в натуральных показателях

*Технология приповерхностного дождевания внедрена при выращивании сои (ДМ «Фрегат №9) на площади 41 га и гречихи (ДМ «Волга-ФК1) на площади 13,8 га.*

- б) эффективность внедрения

*Расчетный годовой экономический эффект составляет 800-1250 рублей/га в зависимости от вида сельскохозяйственной культуры.*

Врио директора  
ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»  
*Ю. А. Гопкалов*  
15 сентября 2020 г.

Директор  
ОПХ «ВолжНИИГиМ»  
*Д.Г. Кайбалиев*  
"17" сентября 2020 г.

## АКТ ВНЕДРЕНИЯ

1. Наименование организации и объекта, где внедрено мероприятие  
ООО «Лидер» с. Ленинское Волгоградской области
2. Шифр работы, наименование мероприятия, по какому плану внедрялось  
**Тема 2.1.3 «Провести исследования и разработать рекомендации по использованию почвозащитных технологий полива многоопорными дождевальными машинами с целью повышения урожайности с.-х. культур и сохранения благоприятного эколого-мелиоративного состояния почв в агроландшафтах Поволжского региона»**
3. Наименование научной организации, проводящей научную разработку и опытное освоение внедряемого мероприятия  
ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»
4. Срок начала внедрения мероприятия - 2020 г.
5. Краткая характеристика и новизна внедряемого мероприятия, взамен чего внедряется  

*На широкозахватной дождевальной машине «Кубань-ПК» внедрены усовершенствованные устройства приповерхностного дождевания с дефлекторными насадками «обратный конус», что обеспечивает:*

  - *повышение равномерности полива при учащенной установке до 0,7-0,76 при скорости ветра 1-2,5 м/сек.;*
  - *снижение потерь воды на испарение и снос (при снижении дождевого облака с 5-6 м. до 2,7 м) с 12-20 % до 4-11 %;*

*К преимуществам дождевальных насадок относятся: высокая надежность работы, низкая вероятность засорения мусором, создание мелкокапельного дождя (средний диаметр капель – 0,5-0,9 мм), снижение стоимости по сравнению с зарубежными в 3-5 раз. Улучшение качественных показателей полива способствует повышению урожайности на 7-18 %.*
6. Основные показатели внедренного мероприятия:
  - а) фактический объем внедрения в натуральных показателях  
Технология приповерхностного дождевания при выращивании сои и кукурузы на зерно внедрена на двух ДМ «Кубань-ПК» на площади орошения 146 га
  - б) эффективность внедрения  
Расчетный годовой экономический эффект составляет 800-1250 рублей/га в зависимости от вида сельскохозяйственной культуры.

  
 Директор  
 ООО «Лидер»  
 Таранов С. Г.  
 (подпись)

М.П.  
«15» сентября 2020 г.

  
 Врио директора  
 ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»  
 Гопкалов Ю. А.  
 (подпись)

М.П.  
«16» сентября 2020 г.



## АКТ ВНЕДРЕНИЯ

1. Наименование организации и объекта, где внедрено мероприятие  
ООО «Наше дело» г.Маркс Саратовской области
2. Шифр 2.1.3. работы, наименование мероприятия, по какому плану внедрялось  
 «ПРОВЕСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТАТЬ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПОЧВОЗАЩИТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПОЛИВА МНОГООПОРНЫМИ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ МАШИНАМИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ С.-Х. КУЛЬТУР И СОХРАНЕНИЯ БЛАГОПРИЯТНОГО ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ В АГРОЛАНДШАФТАХ ПОВОЛЖСКОГО РЕГИОНА»
3. Наименование научной организации, проводящей научную разработку и опытное освоение внедряемого мероприятия  
ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»
4. Срок начала внедрения мероприятия 2020г.
5. Краткая характеристика и новизна внедряемого мероприятия, взамен чего внедряется  
*Внедрение на ДМ «Фрегат» усовершенствованных устройств приповерхностного дождевания, (патент) установленных на трубопроводе машины по учащенной схеме с дефлекторными насадками кругового полива обеспечивает:*  
 - повышение равномерности полива при ветре с 0,5 до 0,72-0,74, за счёт увеличения степени перекрытия струй и повышение устойчивости струй к ветру; - снижение потерь воды на испарение и снос с 12-20% до 4-10%. К преимуществам дождевальных насадок относятся: высокая надёжность работы, низкая вероятность засорения мусором, создание мелкокапельного дождя (средний диаметр капель 0,5-0,9 мм). На дождевальной машине ферменной конструкции «Фрегат» при установке напорных рукавов УПД на шпренгели ферм в шахматном порядке повышается ширина захвата дождём и уменьшается интенсивность дождя. Улучшение качества полива на ДМ «Фрегат» вантовой и ферменной конструкции способствует повышению урожая кукурузы зерновой на 7-18%.
6. Основные показатели внедренного мероприятия:
- а) фактический объем внедрения в натуральных показателях  
*Технология приповерхностного дождевания при выращивании кукурузы на зерно внедрена на площади орошения 60 га.*
- б) эффективность внедрения  
*Расчетный годовой экономический эффект составляет 1250 рублей/га.*

Директор ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»  
 Ю.А. Гопкалов  
 15.09.2020

Директор ООО «Наше дело»  
 С.В. Ботов  
 21.09.2020 г.

## АКТ ВНЕДРЕНИЯ

1. Наименование организации и объекта, где внедрено мероприятие

*ООО «Березовское» Энгельсского района Саратовской области*

2. Шифр работы, наименование мероприятия, по какому плану внедрялось  
*«Провести исследования и внедрить усовершенствованные конструкции оборудования приповерхностного полива многоопорными дождевальными машинами»*

3. Наименование научной организации, проводящей научную разработку и опытное освоение внедряемого мероприятия *ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации»*

4. Срок начала внедрения мероприятия *2015 г.*

5. Краткая характеристика и новизна внедряемого мероприятия, взамен чего внедряется

*Внедрение устройств приповерхностного полива обеспечивает: снижение потерь воды на испарение и унос ветром в дневное время с 15-25% до 4-10%; повышение равномерности полива при ветре (коэффициент эффективного полива повышается с 0,5-0,6 до 0,70-0,75; снижение коэффициента вариации с 10-15% до 7-9%); снижение энергетического воздействия дождя на почву в конце машины и повышение нормы полива до стока на 15-20%; увеличение влагозапасов в почве и продуктивности сельхозкультур на 10-15%.*

6. Основные показатели внедренного мероприятия:

а) фактический объем внедрения в натуральных показателях

*На двух ДМ «Фрегат» на площади 144 га*

б) эффективность внедрения *Эффект от повышения урожайности сельхозкультур на площади 144 га составил 80 тыс. руб.*



Врио директора ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»

Ю.А. Гопкалов



Директор ООО «Березовское»

В.В. Гришанов

16 октября 2016 г.