

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации»

На правах рукописи

Смирнов Евгений Станиславович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МНОГООПОРНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ
МАШИНЫ КРУГОВОГО ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ВАНТОВОЙ КОНСТРУКЦИИ
С ПОЛИЭТИЛЕНОВЫМ ТРУБОПРОВОДОМ**

4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук
Рыжко Николай Федорович

Саратов 2024

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	10
1.1 Анализ состояния орошаемого земледелия в Российской Федерации и Саратовской области	10
1.2 Анализ основных производителей отечественной дождевальной техники и систем орошения.....	17
1.3 Анализ технического состояния дождевальных машин «Фрегат» и основные направления их совершенствования	21
Выводы	27
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ ВАНТОВОЙ КОНСТРУКЦИИ.....	29
2.1 Обоснование конструкции многофункциональной дождевальной машины с полиэтиленовым трубопроводом «Волга-СМ».....	29
2.2 Расчет основных технических и технологических параметров ...	34
2.2.1 Расчет жесткости стальных труб пролетов машины.....	34
2.2.2 Выбор диаметра полиэтиленовой и стальной труб в зависимости от длины машины и расхода воды	35
2.2.3 Расчет массы дождевальной машины с полиэтиленовым трубопроводом	49
2.3 Обоснование технических предложений по повышению проходимости дождевальной машины «Волга-СМ».....	52
Выводы	56
3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	58
3.1 Программа исследований.....	58
3.2 Методика лабораторно-полевых исследований.....	58
3.2.1 Полевые испытания дождевальной машины «Волга-СМ». Определение расхода воды дождевальной насадкой и машины в це-	

лом, показателей равномерности полива при изменяющейся ветровой нагрузке, интенсивности и крупности капель дождя.....	58
3.2.2 Определение технических характеристик дождевальной машины «Волга-СМ» и технико-экономических показателей ее работы.....	68
3.3 Методика обработки экспериментальных данных и определение статистических характеристик	71
Выводы	73
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ДОЖДЕВАЛЬНЫХ И СЛИВНЫХ НАСАДОК. КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОЛИВА ДМ «ВОЛГА-СМ»	74
4.1 Расход воды и радиус захвата дождем дождевальной насадкой с заданным углом полива.....	74
4.2 Радиус полива сливной насадки гидропривода дождевальной машины	77
4.3 Степень перекрытия струй R / ℓ дождевальных насадок, смонтированных по учащенной схеме на ДМ Волга-СМ и по стандартной схеме на ДМ Фрегат.....	78
4.4 Изменение мгновенной и средней интенсивности дождя вдоль трубопровода ДМ "Волга-СМ".....	80
4.5 Распределение среднего диаметра капель дождя по фронту полива ДМ «Волга-СМ»	82
4.6 Изменение удельной мгновенной мощности дождя по фронту полива ДМ «Волга-СМ»	83
Выводы.....	84
5 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МНОГООПОРНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ «ВОЛГА-СМ» С ПОЛИЭТИЛЕНОВЫМ ТРУБОПРОВОДОМ.....	86
5.1 Расход воды в зависимости от напора на входе машины и воз-	

возможность его регулирования.....	86
5.2 Равномерность полива дождевальной машины «Волга-СМ».....	88
5.2.1 Опыт № 1.....	88
5.2.2 Опыт № 2.....	91
5.2.3 Опыт № 3.....	94
5.2.4 Общие результаты исследования равномерности полива дождевальной машины «Волга-СМ».....	96
5.3 Потери воды на испарение и снос ветром при поливе ДМ «Волга-СМ».....	97
5.4 Исследования глубины колеи при поливе ДМ «Фрегат» и «Волга-СМ».....	99
5.5 Увеличение площади полива ДМ «Волга-СМ».....	104
5.6 Снижение энергоемкости полива ДМ «Волга-СМ»	105
5.7 Повышение срока службы водопроводящего трубопровода ДМ «Волга-СМ»	106
5.8 Возможность производства ДМ «Волга-СМ»	106
5.9 Эксплуатационные испытания дождевальной машины с полиэтиленовым трубопроводом «Волга-СМ».....	106
5.10 Экономическая эффективность дождевальной машины с полиэтиленовым трубопроводом.....	109
Выводы.....	111
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	113
ПРЕДЛОЖЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	114
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	114
ЛИТЕРАТУРА.....	115
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	136

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Применение орошения в сельскохозяйственном производстве является одним из важных факторов роста урожайности культур, стабильности получения продукции растениеводства и благополучия товаропроизводителей.

Во многих регионах РФ для орошения посевных площадей применяются многоопорные дождевальные машины кругового действия, одним из основных видов данного типа продолжает широко использоваться «Фрегат».

По данным Министерства сельского хозяйства Саратовской области к началу 2022 г. на долю данных машин приходилось более 20 % оросительной техники. Преимуществом данных машин является: простота конструкции, отсутствие источников электроэнергии, так как на полив и передвижение её по полю используется только энергия оросительной воды, а также возможность работы круглосуточно в автоматическом режиме и обслуживание оператором одновременно 3-4 и более дождевальные машины.

Анализ состава и процесс функционирования многоопорных дождевальных машин вантовой конструкции (типа «Фрегат») показал, что их недостатками являются: высокая металлоёмкость и масса (до 15 т), для работы требуется большое давление на входе в машину (0,47-0,7 МПа). При передвижении тележек ДМ в зоне дождя к концу поливного сезона на поле образуются глубокие (150-200 мм) и широкие (250-300 мм) колеи, что ухудшает локальное плодородие почв. В тоже время, большинство машин эксплуатируются уже несколько десятков лет и имеют предельный износ, а трубопровод – значительную коррозию.

В конце прошлого века в нашей стране парк дождевальных машин «Фрегат» насчитывал порядка 19 тысяч машин. Однако к настоящему времени он значительно сократился, в связи с истекшим нормативным сроком эксплуатации большинства машин, а также приходом на отечественный рынок зарубежных компаний, предлагающих дождевальную технику своего производства.

Поэтому, в рамках импортозамещения и обновления парка более надежной дождевальной техники в России с улучшенными качественными показателями

полива, со снижением массы и стоимости машины, с уменьшением энергоёмкости полива и повышением срока их службы, исследования по разработке и совершенствованию на базе ДМ «Фрегат» новой отечественной многоопорной дождевальная машины вантовой конструкции с полиэтиленовым трубопроводом, является актуальной задачей.

Исследованиями в области совершенствования дождевальных машин и технологий орошения занимались многие ученые: Б. М. Лебедев, С. Х. Гусейн-Заде, А. П. Исаев, А. И. Рязанцев, В. Ф. Носенко, К. В. Губер, Г. В. Ольгаренко, С. С. Туррапин, Д. А. Соловьев, Л. А. Журавлева, Ф. И. Колесников, Б. П. Фокин, Ф. К. Абдразаков, Н. Ф. Рыжко, Ю. Ф. Снопич, С. М. Васильев, М. Ю. Храбров, С. М. Бакиров, И. В. Малько, А. Е. Шепелев, А. А. Чураев, Д. А. Калганов и др.

Анализ опубликованных материалов показал, что необходима разработка технических решений для снижения металлоёмкости, массы и стоимости машин, повышения их проходимости, а также улучшения качества полива дождевальных машин.

Цель исследования – повышение эффективности работы многоопорных дождевальных машин вантовой конструкции с полиэтиленовым трубопроводом на основе конструктивно-технологических решений для снижения металлоёмкости и энергоёмкости полива, повышения качества орошения и уменьшения колееобразования.

Объект исследования – многоопорная дождевальная машина кругового действия с полиэтиленовым трубопроводом «Волга-СМ», разработанной на базе ДМ «Фрегат».

Предмет исследования – технологический процесс полива многоопорной дождевальной машиной кругового действия с полиэтиленовым трубопроводом «Волга-СМ».

Задачи исследований:

1. На основании анализа конструкции и технологии полива дождевальной машины «Волга-СМ», обосновать ее усовершенствование, обеспечивающее повышение ее конструктивных и технологических параметров с использованием

двухтрубного водопроводящего трубопровода (основного полиэтиленового и дополнительного стального), провести гидравлический расчет его конструктивно-технологических параметров;

2. Теоретически обосновать и разработать комплекс технических решений для повышения проходимости дождевальной машины и уменьшения ее колееобразования;

3. Экспериментально оценить качественные и технические показатели многопорной дождевальной машины кругового действия с полиэтиленовым трубопроводом;

4. Дать оценку преимуществ и определить экономическую эффективность усовершенствованной дождевальной машины с полиэтиленовым трубопроводом.

Научная новизна заключается в улучшении технических и технологических показателей полива дождевальных машин, в результате которых:

- обоснована и разработана усовершенствованная конструкция дождевальной машины с двумя водопроводящими трубопроводами: основным полиэтиленовым и дополнительным стальным, имеющую низкую металлоемкость и обеспечивающую ее работу в низконапорном режиме.

- получена математическая модель расчёта диаметров полиэтиленового и стального трубопроводов в зависимости от модификации и длины дождевальной машины с гидроприводом;

- предложены технические решения, направленные на повышение проходимости машины и уменьшение колееобразования;

- разработана конструкция дождевальной насадки с заданным углом полива, позволяющего повысить качественные показатели полива дождевальной машины и снижающая попадание оросительной воды под колеса тележки.

Теоретическая и практическая значимость выполненных исследований заключается в разработке технических решений по совершенствованию конструкции дождевальной машины «Волга-СМ» вантовой конструкции с полиэтиленовым трубопроводом с целью ресурсосбережения. Кроме того, доказана возможность применения дождевальных машин из стальных и полиэтиленовых труб для серийного производства.

Модернизированная конструкция дождевальная машины «Волга-СМ» и её ресурсосберегающие технологии полива внедрены в ОПХ «ВолжНИИГиМ» Саратовской области, что позволило получить годовой экономический эффект 60 тыс.руб. на машину. Дождевальная машина «Волга-СМ» прошла приёмочные испытания Поволжской МИС и получен сертификат на её серийное производство. Результаты исследований усовершенствованных ДМ «Волга-СМ» использованы в ООО «АгроТехСервис» г. Маркс, ООО «ПоТехИн и К°», ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» и др.

Методология и методы исследований. В работе использовались теоретические методы исследований – математическое моделирование, системный анализ, описания технологических процессов на основе известных законов и методов классической механики, физики и математического анализа. Экспериментальные методы включали полевые исследования по изучению агротехнических, энергетических и технических характеристик полива ДМ «Волга-СМ» по СТО АИСТ 11.1–2010. Экономическую оценку ДМ «Волга-СМ» проводили по ГОСТ Р 53056–2008.

Положения, выносимые на защиту:

1. Технологические и технические решения для усовершенствования ДМ «Волга-СМ», обеспечивающие повышение ее конструктивных и технологических параметров с использованием двухтрубного водопроводящего трубопровода. Методика и показатели гидравлического расчета при выборе конструкции данной многоопорной дождевальной машины в зависимости от ее модификации;
2. Технические решения, направленные на повышение проходимости дождевальной машины «Волга-СМ» и уменьшение колееобразования;
3. Результаты полевых исследований качественных и технических параметров дождевальной машины «Волга-СМ»;
4. Экономическая оценка внедрения усовершенствованной многоопорной дождевальной машины кругового действия с полиэтиленовым трубопроводом и ее преимуществ.

Степень достоверности и апробация результатов. Основные положения диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили положитель-

ную оценку на научных конференциях профессорско-преподавательского состава в Саратовском ГАУ им. Н.И. Вавилова (2017-2023), на научных конференциях в Мичуринском ГАУ (2017), ВНИИМЗ г. Тверь (2017), РосНИИПМ г. Новочеркасск (2018, 2023).

Личный вклад автора заключается в определении путей совершенствования многоопорных вантовых дождевальных машин; обосновании конструкции двухтрубной дождевальной машины с основным полиэтиленовым и дополнительным стальным трубопроводами малого диаметра; разработке методики гидравлического расчета двухтрубных машин с гидроприводом; разработке программы и методики полевых исследований; участии в полевых исследованиях ДМ «Волга-СМ» и обработке полученных результатов; оценке эффективности усовершенствованной дождевальной машины «Волга-СМ».

Публикации. По материалам диссертационных исследований были опубликованы 22 научные работы, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендуемых ВАК России и 3 патента на полезную модель. Общий объем публикаций – 6,18 печ. л., в том числе лично автора – 3,11 печ. л.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и приложений. Работа изложена на 156 страницах машинописного текста, содержит 54 рисунка и 40 таблиц. Список исследуемой литературы включает 182 источника, из них 18 на иностранных языках.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Анализ состояния орошаемого земледелия в Российской Федерации и Саратовской области

Мелиорация в Российской Федерации, начиная с конца прошлого века, находилась в состоянии продолжительного кризиса, тем не менее, в последние годы наметились тенденции в ее востребованности и восстановлении мелиоративного фонда нашей страны [74].

Согласно стратегии восстановления и устойчивого развития мелиоративного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года, одной из основных задач сегодняшнего дня следует считать восстановление и обеспечение развития на современном научно-техническом уровне имеющегося в наличии мелиоративно-водохозяйственного фонда АПК России, обеспечив использование в сельскохозяйственном производстве не менее 90 % от имеющегося ирригационного фонда, учитывая и социально-экономическую ситуацию, и необходимость научно-технического прогресса [145].

Развитие орошаемого земледелия в России формируется под воздействием целого комплекса как позитивных, так и негативных факторов. С одной стороны, сказываются меры, которые в последние годы государством были направлены на повышение устойчивости агропромышленного производства и сельских территорий, с другой – сохраняется сложная макроэкономическая обстановка в связи с последствиями кризиса и введения экономических санкций со стороны западных стран, что усиливает вероятность проявления рисков для устойчивого и динамичного развития аграрного сектора экономики.

Более половины пашни в России находится в недостаточно увлажненных и засушливых районах страны. Климатические условия в Саратовском регионе достаточно суровы. «Температура окружающей среды в вегетационный период может меняться в пределах 13-34 °С, относительная влажность воздуха – 16-96 %, при средней скорости ветра 3,8 м/с, может достигать 6-8 м/с на высоте 2 м от по-

верхности почвы» [38, 105].

Для получения стабильно высоких урожаев необходимым условием является орошаемое земледелие, современные методы и средства орошения, применяя которые урожайность сельскохозяйственных культур повышается в 1,5 – 2 раза, в засушливые периоды в пять и более раз [18, 146].

Площадь орошаемых сельхозугодий в нашей стране достигла своего пика к 1990 г. и составляла порядка 6,1 млн. га, затем началось ее постоянное снижение. К 2020 г. орошаемых земель в Российской Федерации насчитывалось 4,67 млн. га, из них в хорошем состоянии – около половины (таблица 1.1) [74].

Таблица 1.1 – Экологическое состояние орошаемых земель в регионах Российской Федерации

Федеральные округа Российской Федерации	Хорошее (%)	Нормальное (%)	Неудовлетворительное (%)
Центральный	45	30	25
Северо-Западный	8	54	38
Приволжский	68	28	4
Сибирский	63	29	9
Северо-Кавказский	41	25	34
Южный	60	22	18
Уральский	53	36	11
Дальневосточный	46	21	33

Согласно «Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации» [137] на период 2022-2031 гг., утвержденной «постановлением Правительства Российской Федерации № 731 от 14 мая 2021 г., к концу 2031 г. планируется ввести в оборот земли сельскохозяйственного назначения площадью не менее 13234,8 тыс. га., на 853, 5 тыс. га из которых будет осуществляться выполнение гидромелиоративных мероприятий» [23, 137].

Наиболее прогрессивным и часто применяемым способом механизирован-

ного полива, как в России, так и за границей является полив дождеванием [2, 4, 18, 26, 41, 42, 60]. В период расцвета мелиорации в 70-80-х годах прошлого столетия на орошаемых участках нашей страны началось активное использование широкозахватных многоопорных дождевальных машин, таких как «Фрегат», «Днепр», «Кубань», а также дождевальных установок «Волжанка» [27, 53, 61, 141]. В то время это был прорыв в орошаемом земледелии, так как эти средства позволили менять поливную норму в широких пределах, сократить число операторов, увеличить производительность труда, автоматизировать процесс полива [141].

В 1990 г. в России для полива дождеванием на площади 4,9 миллиона гектаров использовалось 79,3 тысячи дождевальных машин, в том числе 51,7 тысячи единиц широкозахватных машин: «Фрегат» – 20,4 тыс. ед., «Волжанка» – 25,6 тыс. ед., «Днепр» – 3,1 тыс. ед., «Кубань» – 2 тыс. ед., ДДА-100МА и других дождевальных машин – 14 тыс. ед. (рисунок 1.1) [42].

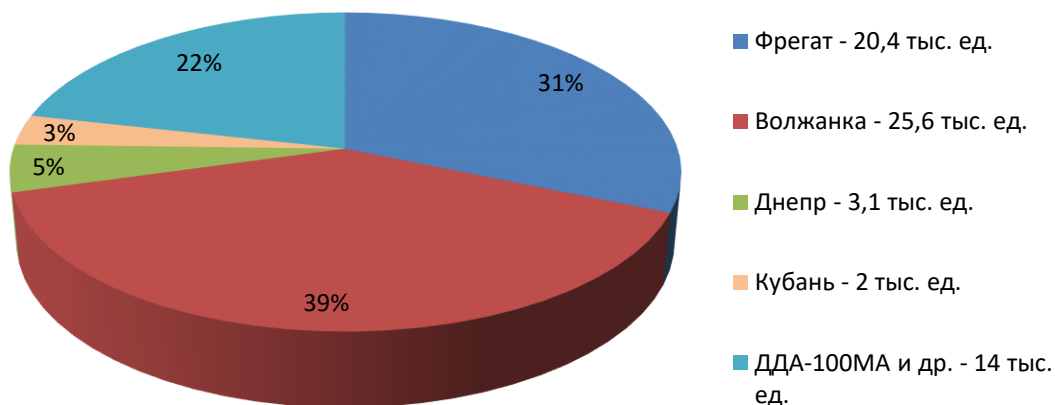


Рисунок 1.1 – Количество дождевальной техники в России в 1990 г

Однако после экономического спада в 90-х годах, в государстве началось продолжительное снижение орошаемых площадей, техническое состояние оросительных систем подверглось значительному ухудшению, а количество поливной техники – резкому сокращению.

На 2019 г. структура парка оросительной техники в Российской Федерации

выглядит следующим образом: всего оросительной техники – 11,826 тыс. ед., включая дождевальные машины отечественного – 5,177 тыс. ед. и импортного производства – 3,459 тыс. ед., а также системы капельного орошения – 3,190 тыс. ед. (рисунок 1.2) [74].

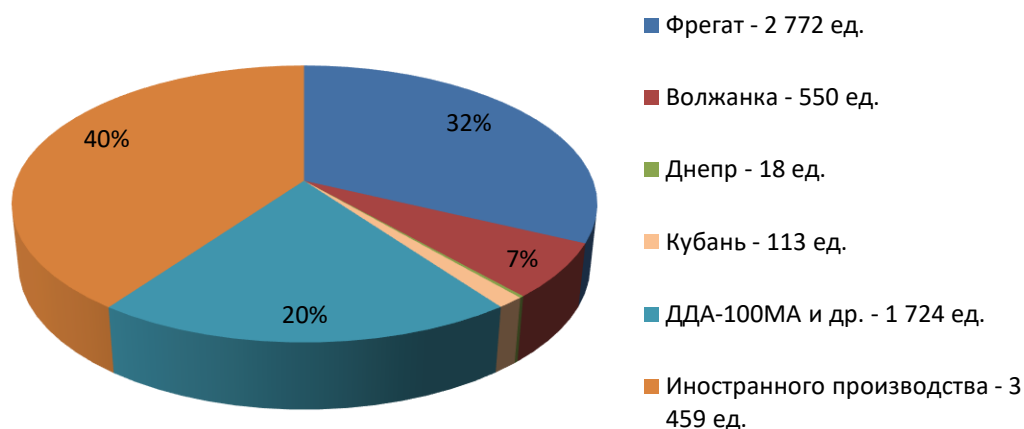


Рисунок 1.2 – Количество дождевальной техники в России в 2019 г

Саратовская область по снижению орошаемых земель и сокращению дождевальной техники, к сожалению, не стала исключением. Орошаемые площади, начиная с 1991 г., сократились практически в два раза, с 481,4 тыс. га до 257,3 тыс. га (таблица 1.2, рисунок 1.3).

Таблица 1.2 – Состояние парка дождевальной техники в Саратовской области с 1966 по 2016 гг.

Годы	Площадь орошаемых земель, тыс. га	Количество дождевальных машин всего, ед.	Количество дождевальных машин отечественного производства, ед.		Количество дождевальных машин импортного производства, ед.
			ДМ «Фрегат»	другие	
1966	32	385	–	–	–
1987	481,4	7907	2714	–	–
1990	453,5	6085	2996	–	–
1997	257,3	3964	2547	–	–
2005	257,3	2819	2162	–	–
2011	257,3	1773	1666	96	11
2016	257,3	1700	1396	94	210

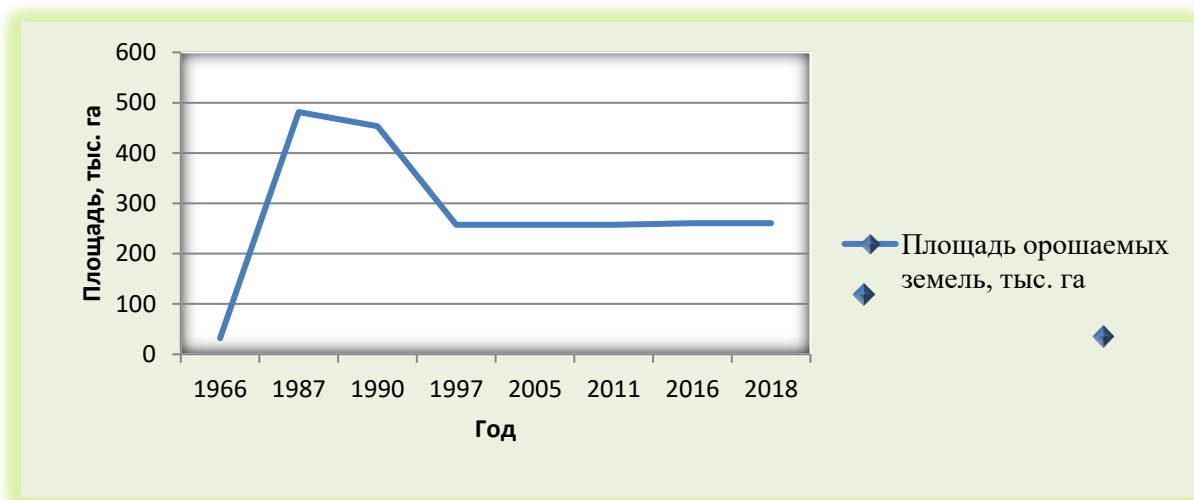


Рисунок 1.3 – Динамика изменения площади орошаемых земель в Саратовской области с 1966 г. по настоящее время

«Количество дождевальных машин за эти годы также неизменно уменьшалось. Если в 1987 г. парк техники полива в Саратовской области насчитывал более 7,9 тыс. единиц дождевальных машин, на долю многоопорных машин которого приходилось 87,5 % («Фрегат» - 34,2 %, «Волжанка» - 49,3 %, «Днепр» - 3,9 %)» [33], то к 2016 г. он сократился почти в 3,5 раза и составлял 1700 единиц дождевальных машин (таблица 1.2, рисунок 1.4).

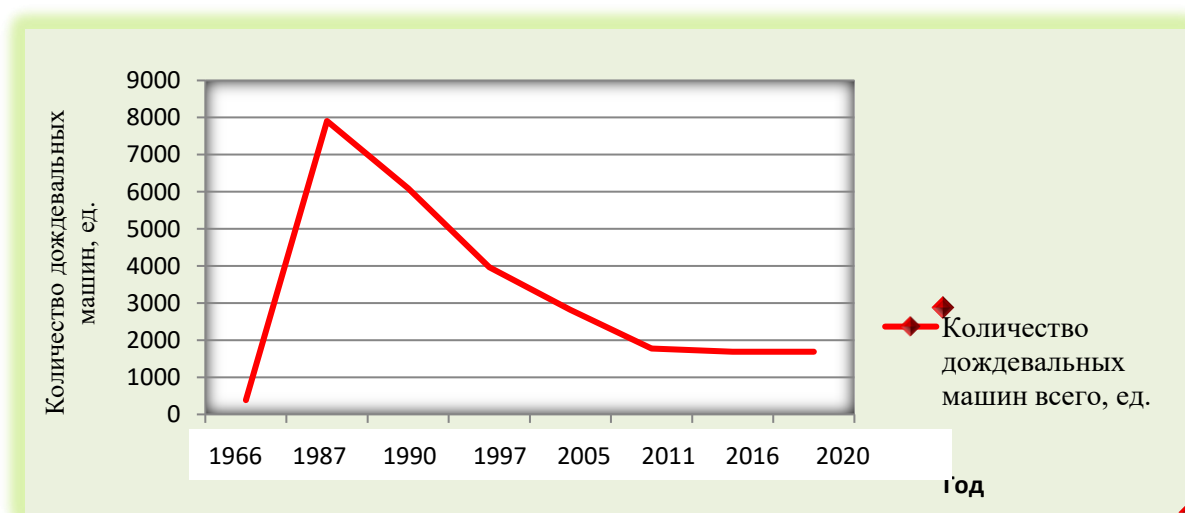


Рисунок 1.4 – Динамика изменения количества дождевальных машин в Саратовской области с 1966 г. по настоящее время

Дождевальные машины типа «Фрегат» эксплуатируются уже несколько десятков лет и имеют предельную изношенность узлов и деталей, с каждым годом их число только снижается. По данным Министерства сельского хозяйства Саратовской области к началу 2022 г. количество дождевальных машин «Фрегат» сократилось до 203 [137]. «Дефицит дождевальной техники достиг предельных значений, и сельхозтоваропроизводители компенсировали его за счет приобретения дождевальных машин импортного производства» [137], таких как «Zimmatic», «Bauer», «Valley», «T-L», «Western» и др. (таблица 1.3, рисунок 1.5). «Однако такие машины имеют свои существенные недостатки: большая цена; высокие требования к качеству используемой воды; трудность и дороговизна ремонта, сложность проведения технического обслуживания и т.д.» [33].

Таблица 1.3 – Состояние парка дождевальных машин Саратовской области по состоянию на начало 2022 г.

№ п/п	Дождевальные машины	Количество, шт	Площадь орошаемых земель, га
	Отечественного производства		
1	«Фрегат»	203	13 419
2	«Днепр»	17	1 250
3	«Волжанка»	1	65
4	«ДДА-100»	17	950
5	ДМ «Кубань»	6	475
6	ДМ «Орсис»	1	75
7	ДМ «Иртек»	21	1 396,30
	Импортного производства		
8	ДМ «Zimmatic»	350	29 346,22
9	ДМ «T-L»	57	4 808
10	ДМ «Valley»	194	14 747,48
11	ДМ «Reinke»	7	674,7
12	ДМ «Bauer»	8	360
13	ДМ «IRRIGREAT»	3	187
14	ДМ «Livada»	2	142
15	ДМ «Rainstar»	20	751,1
16	ДМ «Genterliner»	2	100
17	ДМ «Osmic»	9	255
	Итого:	918	69 001,8

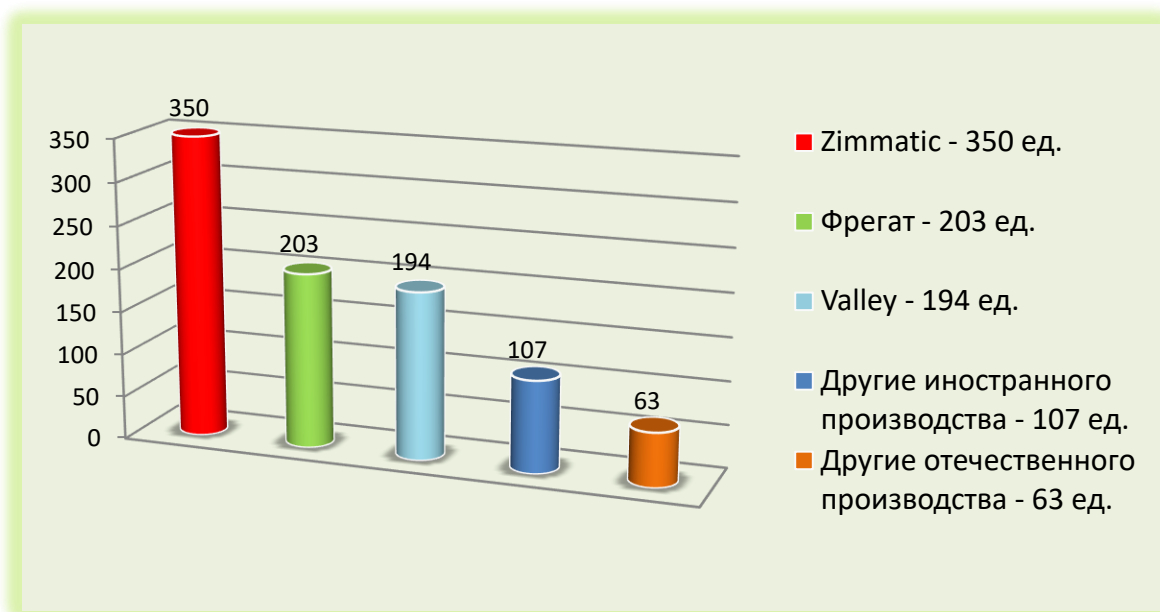


Рисунок 1.5 – Состояние парка дождевальных машин Саратовской области на начало 2022 г

Дождевальная машина «Фрегат» морально устарела, но до сих пор является одной из основных, по количеству занимает второе место, после американской «Zimmatic». От общего парка дождевальных машин в Саратовской области составляет примерно 22 %.

Преимущества данной машины перед другими, включая и зарубежные, предостаточно: машина проста в обслуживании и эксплуатации, имеет высокую производительность, передвигается за счет энергии воды, имеет автоматический режим работы, может применяться круглосуточно, один оператор может сразу обслуживать несколько машин одновременно [47, 138, 164]. Кроме того, машина намного дешевле по сравнению с иностранными аналогами.

Вантовая конструкция ДМ «Фрегат» обеспечивает необходимую жесткость и прочность машине, повышает эффективность ее работы при сложном рельефе поверхности, уклонах и близости грунтовых вод. Машина устойчива к тяжелым эксплуатационным нагрузкам, не имеет высоконагруженных дорогостоящих узлов и деталей, что способствует долгому сроку службы данного типа машин независимо от условий эксплуатации и уровня подготовки обслуживающего персонала.

ла.

К сожалению, большинство ДМ «Фрегат», ныне работающих в хозяйствах страны, уже не отвечают вызовам и требованиям, предъявляемым к современной дождевальной технике, в связи с предельным сроком эксплуатации и низкой надежности.

В настоящее время одними из самых распространенных направлений развития техники полива являются совершенствование существующих дождевальных машин и разработка новых конструкций с использованием современных материалов. Создание новых конструкций должно быть прежде всего ориентировано на улучшение технологических и технических характеристик машин, способствующих повышению их эксплуатационной надежности, экологической безопасности [33], снижению энерго и металлоемкости, а также их стоимости. Актуальной также является разработка базовых моделей поливной техники, адаптируемых к различным технологическим условиям.

Кроме того, в рамках импортозамещения в России возникла острая потребность в дождевальной технике отечественного производства.

1.2 Анализ основных производителей отечественной дождевальной техники и систем орошения

Для реализации «Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» № 20, утвержденной указом президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. необходимо широкое восстановление мелиорируемых земель [28]. Согласно «Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации на период 2022-2031 гг.» [23] планируется введение 853,5 тыс. гектар новых орошаемых земель, при ежегодной потребности поставки до 2000 ед. многоопорных дождевальных машин и шланго-барабанных дождевателей.

За последние 10 лет объём продаж дождевальной техники в России колеблется от 400 до 600 единиц в год [74]. За последние 5 лет в России произведено порядка 400 ед. отечественных дождевальных машин (или порядка 80 шт. в год), что составляет от 13 до 20 % от вводимого количества.

Основными производителями отечественной широкозахватной дождевальной техники являются:

- ООО «БилдингСтройГроуп» – г. Тольятти (ДМ «Кубань-С», «Фрегат»);
- ООО Казанский завод оросительной техники – г. Казань (ДМ «Казанка»);
- ООО Самарский завод сельскохозяйственного машиностроения – г. Самара (ДМ «Корвет»).
- ООО «Аква Филд» г. Донской Тульской области.
- ООО «МЕЛИОМАЗ» – г. Саратов (ДМ «Каскад»);

Основные производители отечественной дождевальной техники барабанного типа:

- ООО «Завод дождевальных машин» – г. Волжский (ДМ «ZDM»);
- ФГБУ «Управление «Спецмелиоводхоз» – Московская обл., р. п. Обухово (ДМ «МД-400»).

ООО «БилдингСтройГроуп» производит многоопорные дождевальные машины ферменной конструкции «Кубань-С» и вантовой конструкции «Фрегат». Прототипом данных машин является ДМ «Valley».

Технические и качественные характеристики данных машин не уступают современным зарубежным машинам. Электрифицированная многоопорная ДМ «Кубань-С» имеет высокую надежность работы и обеспечивает полив в зависимости от модификации площадью до 75 га при расходе воды до 70 л/с. Машина при низком давлении 0,25-0,35 МПа формирует мелкокапельный дождь с высокой равномерностью полива ($K_{эф} = 0,75-0,9$).

С 2016 г. произведено более 60 многоопорных дождевальных машин. Машины работают в Самарской, Белгородской, Волгоградской, Челябинской области, республике Крым, Алтайском крае, Республике Калмыкия, Республике Ал-

тай, Республике Казахстан.

Производственная база (5000 м²) позволяет производить – до 300 машин в год.

ООО Казанский завод оросительной техники производит многоопорные дождевальные машины ферменной конструкции «Казанка»

Технические характеристики данных машины соответствуют ДМ «Zimmatic». За период 2016-2019 гг. произведено и внедрено в эксплуатацию более 120 дождевальных машин, в среднем более 30 машин в год. Производственная база позволяет производить – до 360 машин в год.

ООО Самарский завод сельскохозяйственного машиностроения выпускает многоопорные дождевальные машины «Корвет», которые обеспечивают полив в низконапорном режиме при давлении 0,35-0,45 МПа, а при учащенном размещении на трубопроводе дефлекторных насадок через 5-6 м. обеспечивается высокая равномерность полива ($K_{эф} = 0,75-0,8$).

За 2020 г. произведено порядка 30 машин, производственные площади позволяют наладить выпуск до 100 машин.

ООО «Мелиоративные машины» (г. Саратов) производит многоопорные дождевальные машины ферменной конструкции «Каскад». На данных машинах используются пролёты увеличенной длины 60 и 65 м, что снижает число ходовых тележек и уменьшает затраты на её производство. За последние 3 года произведено и сданы в эксплуатацию 25 дождевальных машин. Подготовлены проекты на поставку в 2024 г ещё 12-ми дождевальных машин «Каскад».

ООО «Завод Дождевальных Машин» производит дождевальные машины барабанного типа «Харвест» и «ZDM». Технические и качественные характеристики данных машин соответствуют современным зарубежным машинам барабанного типа. За 5 лет произведено более 200 дождевальных машин, в 2020 г. – 74 единицы, поставки ведутся в различные регионы РФ, СНГ и Германию. Локализация производства – более 90%. Производственная база позволяет производить – до 150 машин в год.

В 2020 г. в ОПХ «ВолжНИИГиМ» успешно прошли полевые испытания шланго-барабанная дождевальная машина «МД-400» производства ФГБУ «Управление «СПЕЦМЕЛИОВОДХОЗ» и широкозахватная многоопорная дождевальная машина со стеклопластиковым трубопроводом «Бамбук» производства ООО «Энгельсский завод оросительных систем». Технические и качественные характеристики данных машин не уступают современным аналогичным машинам иностранного производства.

Производство «Быстроразборных ирригационных систем» (БИС) налажено в ООО «Групп Полипластик» при научном сопровождении ФГБНУ ВНИИ «Радуга». Производственная площадка базируется в г. Волжский Волгоградской области. Основные преимущества БИС – легкость и быстрота монтажа, длительный срок эксплуатации 10-15 лет, сокращение материально-технических затрат на организацию полива на 50-70 %, экономия энергетических и трудовых затрат, мелкодисперсное дождевание с высоким качеством дождя, возможность внесения удобрений с поливной водой.

Основными производителями широкозахватной дождевальной техники зарубежного производства [77-84] являются:

- компания «Lindsay» (США) – дождевальная машина «Zimmatic»;
- компания «Valmont Irrigation» (США) – дождевальная машина «Valley»;
- компания «T-L Irrigation» (США) – дождевальная машина «T-L»;
- компания «Reinke» (США) – дождевальная машина «Reinke»;
- компания «BAUER GmbH» (Австрия) – дождевальная машина «Bauer»;
- компания «Alkhorayef Industries» (Саудовская Аравия) – дождевальная машина «Western»;
- компания «YULIN IRRIGATION» (Китай) – дождевальная машина «YULIN IRRIGATION».

Современные многоопорные дождевальные машины ферменной конструкции зарубежного производства являются наиболее передовыми техническими разработками в области мелиорации. Предназначены для полива сельскохозяйственных культур дождеванием: зерновых, бахчевых, овощных, технических,

многолетних трав и пастбищ. Машины имеют электрический привод, полив осуществляется от гидранта через оцинкованный трубопровод, который также может служить и для внесения удобрений вместе с поливной водой. Машины могут работать при низких напорах, хорошо автоматизированы, имеют компьютерные средств контроля и управления [116].

Однако такие «дождевальные машины характеризуются большой металлоемкостью и массой, повышенной мощностью при движении, высокой стоимостью, дороговизной ремонта и недостаточной надежностью оцинкованных водопроводящих труб, особенно при внесении с поливной водой удобрений и химикатов, усиливающих коррозию труб и конструктивных элементов машины» [116, 117, 136]. Кроме того, эксплуатировать зарубежную технику полива должны высококвалифицированные специалисты, в настоящее время которых существенно не хватает в хозяйствах нашей страны, а процесс обучения обслуживанию таких машин достаточно затруднительный и требующий времени процесс.

Проведенный анализ показывает, что в РФ за последние годы постоянно увеличивается поставка отечественной дождевальной техники и систем орошения, идёт процесс её совершенствования по таким направлениям, как снижение электропотребления, улучшение качественных показателей полива, снижение потерь воды, широкое использование средств автоматизации и цифровизации. В то же время многие сельхозтоваропроизводители предпочитают пользоваться импортной техникой, ввиду ее многофункциональности и автоматизации, несмотря на существенные недостатки данных машин. Снижение массы и металлоемкости, стоимости машины, ее обслуживания и ремонта являются одними из основных направлений совершенствования на сегодняшний день.

1.3 Анализ технического состояния дождевальных машин «Фрегат» и основные направления их совершенствования

«Впервые низконапорная ДМ «Фрегат» была разработана в «ВНИИМиТП»

[101] в 1976 г. Она обеспечивала полив с расходом воды 72 л/с при давлении на входе 0,42 МПа. Ее недостатками явились малый расход воды и увеличение минимального времени оборота машины с 52 до 86 часов» [33, 102].

«В 1987 г. проводились испытания низконапорной ДМ «Фрегат» конструкции «УкрНИИГиМ». Машина отличалась увеличенными диаметрами гидроцилиндров со 122 до 153 мм. В 1991 г. была испытана разработанная в «СтавНИИГиМ» низконапорная ДМ «Фрегат», вдоль основного трубопровода которой, прокладывался дополнительный пластмассовый трубопровод диаметром 50 мм» [101]. При испытаниях была выявлена недостаточная надежность в работе машины из-за возникающих значительных колебаний давления в дополнительном трубопроводе машины [150].

В 2016 г. УНПК «Агроцентр СГАУ» смонтировала и испытала на базе ООО «Наше Дело» Энгельсского района Саратовской области конструкцию опытного низконапорного образца ДМ «Фрегат» с трубопроводом, изготовленного из полиэтиленового материала [43].

В мелиоративном комплексе России, количество дождевальных машин типа «Фрегат» преобладает над другими типами машин и составляет порядка 2,7 тыс. машин (32 %). Несмотря на это, имеющийся парк техники на 80 % состоит из машин, отслуживших свой нормативный срок эксплуатации [74].

Первые машины смонтированы еще в семидесятых годах прошлого столетия, эксплуатируются более 40 лет, имеют предельный износ и значительную коррозию тонкостенных оцинкованных труб.

«По результатам проведенных экспертиз в хозяйствах Саратовской области срок службы большинства машин составляет 25-40 лет, а тонкостенных труб – 15-20 лет, это примерно 50 % от срока службы базовых элементов машины (рамы тележки, тросовой опоры, поперечин, неподвижной опоры и др.)» [110, 126].

До 2015 г. в Российской Федерации отсутствовало «серийное изготовление тонкостенных оцинкованных труб Ø 178x1,8 мм и Ø 152x1,8 мм и полнокомплектного производства новых машин ДМ «Фрегат» [110] в результате этого не

было». Первомайский завод ОАО «Фрегат» (Украина) в 2013 г. закупал новые трубы в Италии. Но в связи с ухудшившимися отношениями между нашими странами, поставки с Украины прекратились вовсе. Вследствие этого, в последнее время в России началось возрождение производства новых дождевальных машин по типу ДМ «Фрегат».

Серийное производство таких машин налажено в г. Самара предприятием ООО «СЗСМ» и в г. Тольятти Самарской области – ООО «БСГ», которые занимаются изготовлением оросительной техники, а также выпуском запасных частей и дождеобразующих устройств к ней [43, 74]. «Выпуском запасных частей к дождевальным машинам также занимаются в г. Маркс Саратовской области (ООО «АгроТехСервис») [110], Ставрополь, Нижний Новгород, Казань, Омск и др.» [126].

Но при имеющихся производственных мощностях, Россия не может обеспечить нужные объемы производства и поставок оросительной техники, вследствие чего российские сельскохозяйственные товаропроизводители вынуждены покупать дождевальные машины преимущественно из стран дальнего зарубежья.

В целом, в настоящее время «низконапорные ДМ «Фрегат» мало внедряются в хозяйства из-за недостаточного расхода воды, необходимости значительного повышения времени полива и скорости передвижения машины, увеличения числа дождевальных аппаратов и насадок. Также этому способствует сложность в эксплуатации большого числа одновременно работающих машин» [101, 102].

«Основная проблема в области ирригационных технологий и оборудования состоит в том, что новая отечественная оросительная техника по показателям качества полива, материалоемкости, эксплуатационной надежности, многофункциональности, энергоемкости, оснащенности техническими средствами контроля и управления в целом пока еще достаточно сильно отстает от современной серийно-выпускаемой техники иностранного производства» [1-22, 25]. В связи с этим, в России проводят «модернизацию поливной техники, направленную прежде всего на снижение материалоемкости и энергоемкости машин, повышение качества по-

лива и их надежности, совершенствуется поливной пояс, привод, системы контроля и управления машин и установок» [22, 33].

Как и устаревшая дождевальная техника, изношенный трубопровод представляет собой серьезную проблему. «Отслуживший свой срок службы трубопровод необходимо вовремя восстанавливать или производить замену на более надежный и долговечный, иначе, он будет иметь значительные прямые потери при эксплуатации» [156] (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Разрушение стального трубопровода, приводящее к протечкам

Ученые нашего государства Б. Б. Шумаков, Г. В. Ольгаренко [74] и др., а также ученые дальнего и ближнего зарубежья [167-182] активно занимались вопросами совершенствования дождевальной техники, и с учетом их накопленного опыта и разработанных «положений по модернизации, к современным дождевальным машинам можно предъявить следующие требования» [110]:

- снижение металлоемкости и энергоемкости машины;
 - обеспечение низконапорного режима работы;
 - увеличение срока службы;
 - обеспечение передвижения без полива;
 - безопасное внесение химических средств вместе с поливной водой и др.
- [74, 110].

Дождевальные машины «Фрегат» серийного производства не удовлетворяют этим требованиям. Они имеют большую энергоемкость, значительную металлоемкость, массу и низкий срок службы труб (15-20 лет) [120, 125].

Многоопорные дождевальные машины «Фрегат» обеспечивают полив при большом давлении на входе 0,47-0,7 МПа, на насосной станции в большинстве случаев поддерживается давление в пределах 1-1,1 МПа [25, 115, 123, 165]. Для полива такими машинами на насосных станциях используются высокоэнергоёмкие насосные агрегаты с электродвигателями мощностью 315-630 кВт, при этом затраты на подачу 1000 м³ воды очень высоки и находятся в пределах 340-680 кВт·ч [119, 122, 132].

Для снижения затрат электроэнергии на полив современные дождевальные машины должны работать при низком давлении. Величина давления на дождевальных машинах должна быть снижена до 0,25-4 МПа. Это позволит также повысить надёжность работы закрытой оросительной сети [126, 129, 136].

Стандартная дождевальная машина «Фрегат» имеет недостаточную мобильность, она не может передвигаться по полю без полива. Не имеет возможности проводить освежающие поливы. А внесение удобрений вместе с поливной водой способствует разрушению трубопровода, металлических узлов и деталей машины. Кроме того, машина слишком металлоёмка, имеет большую массу и стоимость трубопровода.

Также, одним из существенных недостатков этой машины является то, что при ее работе поливная вода попадает под колеса тележек, это приводит к снижению твердости почвы и уменьшению ее несущей способности. Вследствие движения машины по влажной почве, образуются колеи, происходит разрушение ее плодородного слоя [5, 52, 114, 142]. За несколько проходов машины глубина колеи может достигать 30-45 см, а при буксовании колеса – 50 см и более (рисунок 1.7) [140].



Рисунок 1.7 – Колееобразование ДМ «Фрегат», приводящее к пробуксовке машины и разрушению почвы

На основании положений по модернизации дождевальной техники [74] были определены основные направления совершенствования многоопорных дождевальных машин вантовой конструкции (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Основные направления совершенствования многоопорных дождевальных машин

Повышения технических и эксплуатационных показателей многоопорной дождевальной машины, ее многофункционального использования, снижения металлоемкости и стоимости трубопровода, обеспечения низконапорного режима работы можно добиться за счет использования второго трубопровода [121, 128, 131, 134, 135, 166]. При этом основным будет считаться полиэтиленовый, через который будет осуществляться полив либо внесение удобрений и других химических средств, а дополнительным – стальной, обеспечивающий достаточную жесткость пролетов, а также подачу воды на гидроприводы тележек. Применение полиэтиленового трубопровода снижает массу и стоимость машины, она имеет возможность работать в низконапорном режиме. Подача удобрений и химических средств только через полиэтиленовый трубопровод уменьшит коррозию основных узлов и деталей машины, что обеспечит повышение надёжности работы и срока службы машины [124, 127, 130].

Полиэтиленовый трубопровод в сравнении со стальным имеет ряд существенных преимуществ:

- обладает достаточной и длительной по времени износостойкостью;
- высоко устойчив к воздействию различных агрессивных химических и физических факторов, не подвергается коррозии, не гниет, не разрушается;
- является легким и гибким, доступным и современным материалом;
- транспортировка и прокладка трубопровода обходится значительно дешевле.

Благодаря этим преимуществам, проблема «эффективной эксплуатации трубопровода может быть решена в течение 40-50 лет» [156].

Проходимость дождевальной машины повышается за счет установки в районе тележек специальных дефлекторных насадок с заданным углом полива 280° , а также сливных насадок гидропривода. При необходимости дополнительно можно использовать подтележечные щитки, которые также уменьшат попадание воды под колеса дождевальной машины [140].

Повышение качества и эффективности полива можно получить за счет учащенной расстановки дождевальных насадок через 5 и 6 м на трубопроводах машины [37, 111, 118].

Выводы

1. Начиная с 90-ых годов прошлого столетия, вместе с постоянным сокращением орошаемых площадей, значительно ухудшилось техническое состояние оросительных систем, резко снизилось количество поливной техники. Однако в последние несколько лет наметилась тенденция к восстановлению мелиоративного фонда нашей страны, постепенному вводу новых орошаемых земель, создание в рамках импортозамещения новой дождевальной техники отечественного производства.

2. На основании проведенного анализа установлено, что дождевальная машина «Фрегат» морально и физически устарела, 80 % парка таких машин имеет

пределный срок службы, но до сих пор является одной из основных техник полива дождеванием, как в России, так и в Саратовской области.

3. Дождевальные машины ферменной конструкции, как отечественного, так и зарубежного производства имеют ряд преимуществ, тем не менее, их характеризует большая металлоёмкость и масса, повышенная мощность на передвижение, высокая стоимость, дороговизна ремонта и недостаточная надёжность оцинкованных труб водопроводящего трубопровода, особенно при внесении удобрений.

4. Дождевальные машины «Фрегат» при всех своих достоинствах имеют и ряд существенных недостатков. К ним относятся большая металлоёмкость и энергоёмкость машины, высокая масса и стоимость стального трубопровода, низкий срок его службы. Машина недостаточно функциональна: не имеет возможности проводить освежающие поливы и передвигаться по полю в неполивном режиме. Внесение удобрений и химических средств с поливной водой приводит к быстрому разрушению и коррозии трубопровода машины и ее металлических узлов и деталей. Кроме того, машина имеет недостаточную проходимость и оставляет после полива глубокие колеи, вследствие чего происходит разрушение плодородного слоя почвы.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ ВАНТОВОЙ КОНСТРУКЦИИ

2.1 Обоснование конструкции многофункциональной дождевальной машины с полиэтиленовым трубопроводом «Волга-СМ»

Для совершенствования многоопорных дождевальных машин вантовой конструкции учеными ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» при участии автора была разработана широкозахватная многофункциональная дождевальная машина кругового передвижения «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом.

Дождевальная машина «Волга-СМ» предназначена для полива всех сельскохозяйственных культур, в том числе и с высотой до 2,5м [126].

Для передвижения дождевальной машины используются гидроцилиндры с силовым рычагом и толкателями. Машина обеспечивает полив орошаемого участка при движении по кругу. Подача воды к машине осуществляется через закрытый трубопровод, как от стационарных, так и передвижных насосов.

Дождевальная машина (рисунок 2.1) состоит из центральной зафиксированной опоры 1, основного полиэтиленового 2 и дополнительного 3 стального оцинкованного трубопровода. «Стальной трубопровод 3 жестко закреплен на подвижных опорах 4 с гидроприводом. На поворотном колене центральной опоры 1, установлены два фланца для подключения полиэтиленовой 2 и стальной оцинкованной трубы 3. полиэтиленовые трубы предназначены только для подачи воды в дождевальные насадки 5. По стальному трубопроводу вода подается в гидроцилиндры подвижных опор 4, а часть воды идет на полив через дождевальные насадки 5 и концевой дождевальный аппарат» [107].

Изменены размеры раскосов поперечин для горизонтальных тросов и кронштейнов крепления механизмов синхронизации подвижных опор 4. «Модернизированные короткие стальные трубы обеспечивают подачу воды через фильтр в гидроцилиндры подвижных опор 4 и соединены с рамой подвижных опор. На стальном трубопроводе устанавливаются дополнительные кронштейны для поддержки полиэтиленового трубопровода. К тросовой опоре при помощи кронштейнов и вертикальных тросов 7 крепятся стальные оцинкованные трубы 3» [107].

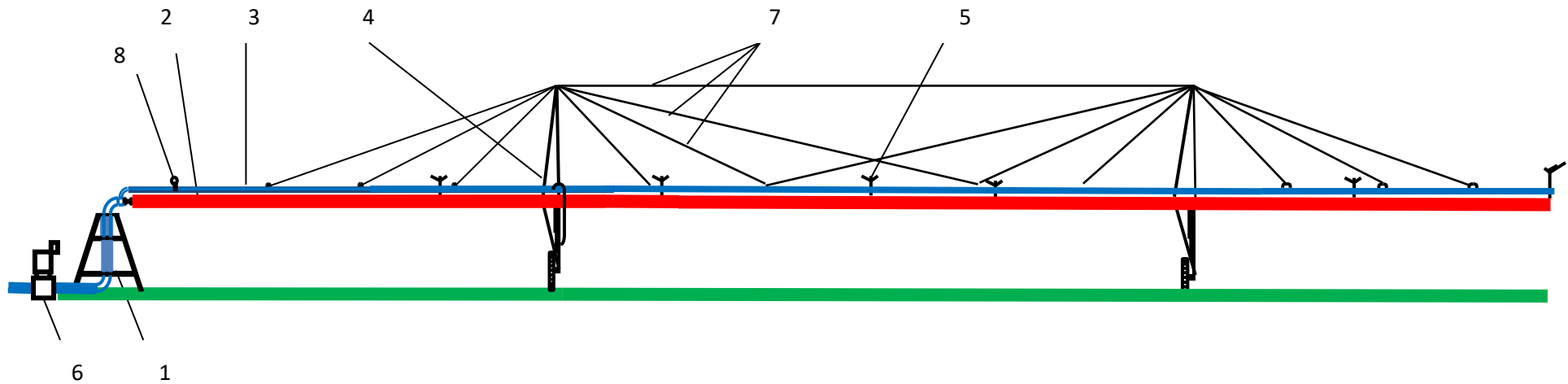


Рисунок 2.1 – Дождевальная машина «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом в ОПХ:

- 1 – центральная опора; 2 – полиэтиленовый трубопровод (Ø 63-160 мм); 3 – дополнительный стальной трубопровод (Ø 76-114 мм); 4 – подвижная опора с гидроцилиндром; 5 – дождевальные насадки
6 – гидравлическая задвижка; 7 – поддерживающие тросы; 8 – поворотный затвор

«Горизонтальные тросы, смонтированные на поперечинах дополнительных стальных трубопроводов, обеспечивают повышение жесткости пролетов в горизонтальной плоскости. Поперечины крепятся на фланцах стальных труб при помощи болтов» [107].

«На поворотном колене центральной опоры через втулку и поворотный затвор 8 закреплён полиэтиленовый трубопровод 2, далее он при помощи поддерживающих хомутов крепится на стальном трубопроводе (рисунок 2.2). Хомуты установлены через 1 м, что обеспечивает минимальное смещение полиэтиленовых труб при изменении температуры воздуха» [107].



Рисунок 2.2 – Крепление основного (полиэтиленового) трубопровода к дополнительному (стальному оцинкованному) трубопроводу при помощи поддерживающих хомутов на ДМ «Волга-СМ»

«Седелки, установленные на полиэтиленовый трубопровод, в котором просверлены верхние и боковые отверстия, обеспечивают подачу воды в дождевальные насадки (рисунок 2.3). Сливные клапаны также устанавливаются в седелки, а в трубопроводе сверлятся нижние отверстия для слива воды» [107].

Стальной трубопровод снабжается муфтами для монтажа манометра, сливных клапанов, дождевальных насадок и фильтра гидроцилиндра подвижной опоры. Концевой дождевальный аппарат, расход воды которого может изменяться от

1,8 до 8,5 л/с монтируется на концевом фланце стальной оцинкованной трубы.



Рисунок 2.3 – Основной полиэтиленовый трубопровод с установленными седелками и дождевальными насадками

«Поворотный затвор, монтируемый между фланцем колена и полиэтиленового трубопровода (Рисунок 2.4) может перекрывать подачу воды и обеспечивает перемещение машины по полю без полива» [107].

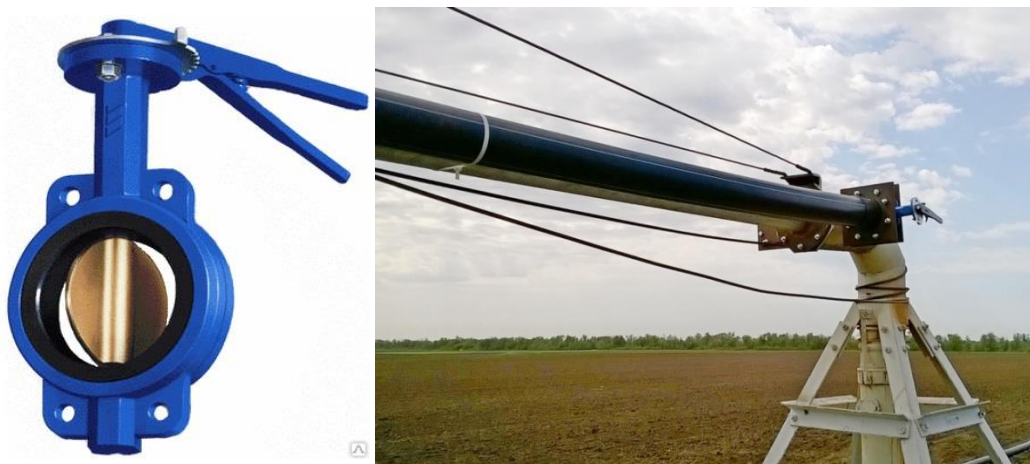


Рисунок 2.4 – Поворотный затвор для перекрытия подачи воды в полиэтиленовый трубопровод ДМ «Волга-СМ

Новизна конструкции дождевальной машины «Волга-СМ» защищена рядом патентов № 160893, 178776, 220261, 220289 [86, 90, 94, 95].

Работает дождевальная машина «Волга-СМ» следующим образом. Вода от насосного агрегата поступает в центральную опору дождевальной машины и далее в поворотное колено. Поворотное колено имеет два отвода с фланцами, которые подают оросительную воду в стальной и полиэтиленовый трубопроводы.

Одна часть потока оросительной воды (порядка 20 л/с) поступает в стальной трубопровод, и далее через фильтр тонкой очистки подается в гидроцилиндры тележек и обеспечивает передвижение дождевальной машины по полю. Вода при помощи напорного рукава из стального трубопровода подается в регулятор скорости тележки, клапан-распределитель и гидроцилиндр, который совершает возвратно-поступательное движение и через толкатели передает движение на колеса. Сливная вода от гидроцилиндров через сливные насадки поступает на орошаемый участок и отбрасывается от колеи на 3-4 м. На стальном трубопроводе установлены дефлекторные насадки и концевой дождевальный аппарат, выполняющие полив орошаемого участка.

Большая часть потока оросительной воды (порядка 30 л/с – для данной 12-опорной машины в ОПХ «ВолжНИИГиМ») поступает в полиэтиленовый трубопровод, на котором смонтированы дефлекторные насадки, которые производят полив орошаемого участка.

При одновременной подаче воды в оба трубопровода, обеспечивается максимальный расход воды и традиционный полив; при отключении полиэтиленового трубопровода, машина производит освежающий полив небольшой нормой. При дополнительном отключении дефлекторных насадок на стальном трубопроводе машина может передвигаться по полю без полива.

Норма полива дождевальной машины определяется цикличностью гидроцилиндра последней тележки, который задается при помощи крана-задатчика скорости на последней тележке.

2.2 Расчет основных технических и технологических параметров

2.2.1 Расчет жесткости стальных труб пролетов машины

Момент сопротивления изгиба трубы определяется по формуле:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \cdot \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right] \quad (2.1)$$

где: d , D – внутренний и наружный диаметр трубы, мм [126].

Для стальной оцинкованной трубы диаметром 152x1,8 мм (серийная ДМ «Фрегат»):

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \cdot \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right] = \frac{3,14 \cdot 148,4^3}{32} \cdot \left[1 - \left(\frac{148,4}{152} \right)^4 \right] = 320687 \cdot 0,0914 = 29310,8 \text{ мм}^3$$

Для стальной оцинкованной трубы диаметром 108x3,5 мм:

$$W = \frac{3,14 \cdot 101^3}{32} [1 - (101/108)^4] = 101098,3 \cdot 0,23512 = 23770,2 \text{ мм}^3.$$

Момент сопротивления изгиба данной стальной оцинкованной трубы меньше на 24,4 %.

Для стальной оцинкованной трубы диаметром 102x3,5 мм:

$$W = \frac{3,14 \cdot 95^3}{32} [1 - (95/102)^4] = 84129,9 \cdot 0,247 = 20780,0 \text{ мм}^3.$$

Для стальной оцинкованной трубы диаметром 114x2,5 мм:

$$W = \frac{3,14 \cdot 109^3}{32} [1 - (109/114)^4] = 127068 \cdot 0,164 = 20868,2 \text{ мм}^3.$$

Таким образом, расчеты показывают, что стандартные стальные трубы диаметром 108 мм и толщиной стенки 3,5 мм обладают достаточной жесткостью, как и труба ДМ «Фрегат» диаметром 152x1,8 мм.

Ближкие значения по жесткости имеет труба диаметром 102 мм с толщиной стенки 3,5 мм и трубы 114x2,5 мм, которую можно использовать для производства пролетов машины, что подтверждается результатами полевых испытаний.

На консольную часть машины, где усилие тележек не передается, а необходима только поддержка полиэтиленовой трубы, можно использовать стальные трубы меньшего диаметра: 89x3,0 мм, 76x3,5 мм или комбинация 102x3,5 мм и

76x3,5 мм. В ОПХ «ВолжНИИГиМ» на экспериментальном образце дождеваль-ной машины используется диаметр труб консоли 89x3,0 мм.

Кроме того, наличие системы горизонтальных тросов дождевальной маши-ны, а также полиэтиленовый трубопровод дополнительно обеспечивает жесткость трубопровода в горизонтальной плоскости.

2.2.2 Выбор диаметра полиэтиленовой и стальной труб в зависимости от длины машины и расхода воды

Известно, что ДМ «Фрегат» выпускаются различных модификаций:

- ДМ: шестнадцати опорная (максимальный расход воды – 100 л/с, кото-рый в зависимости от длины машины и числа тележек (12-16) изменяется от 58 до 100 л/с);

- ДМУ-Б: шестнадцати опорная (максимальный расход воды – 90 л/с, кото-рый в зависимости от длины машины и числа тележек (13-16) изменяется от 75 до 90 л/с);

- ДМУ-А: двенадцатиопорная – комплектуется из труб диаметром 152 мм (имеет максимальный расход воды – 65 л/с, который в зависимости от длины ма-шины и числа тележек (8-12) изменяется от 28 до 65 л/с);

- Неполнокомплектная ДМ «Фермер Фрегат»: от одной до шести опор (рас-ход воды изменяется от 5 до 22 л/с).

При расчёте диаметров основного полиэтиленового и дополнительного стального трубопровода ДМ «Волга-СМ» исходим из того, что общий расход во-ды машины ($Q_{\text{ДМ}}$) равен сумме расходов трубопроводов – основного полиэтиле-нового трубопровода ($Q_{\text{ПЭ}}$) и дополнительного стального ($Q_{\text{СТ}}$) [126]:

$$Q_{\text{ДМ}} = Q_{\text{СТ}} + Q_{\text{ПЭ}} \quad (2.2)$$

В зависимости от модификации и длины ДМ: для стального трубопровода диаметром 102-114 мм оптимальным расходом воды будет показатель в 5-20 л/с; для полиэтиленового трубопровода Ø 63-160 мм – в 10-70 л/с.

Рабочий напор на входе в машину рассчитываем из двух условий:

– из суммы потерь напора по длине полиэтиленового трубопровода ($h_{ПЭ}$) и напора перед концевой дождевальной насадкой ($H_{ДН}$):

$$H_{ПЭ} = \sum h_{ПЭ} + H_{ДН} \quad (2.3)$$

– из суммы потерь напора по длине стального трубопровода ($h_{СТ}$) и напором перед последней опорой дождевальной машины ($H_{Г}$).

$$H_{СТ} = \sum h_{СТ} + H_{Г} \quad (2.4)$$

Напор в полиэтиленовом трубопроводе перед последней дождевальной насадкой должен быть в пределах 10-15 м вод. ст., а в стальном трубопроводе перед последней опорой – не менее 35 м вод. ст.

Алгоритм расчёта конструктивных и технологических параметров показан на рисунке 2.5.

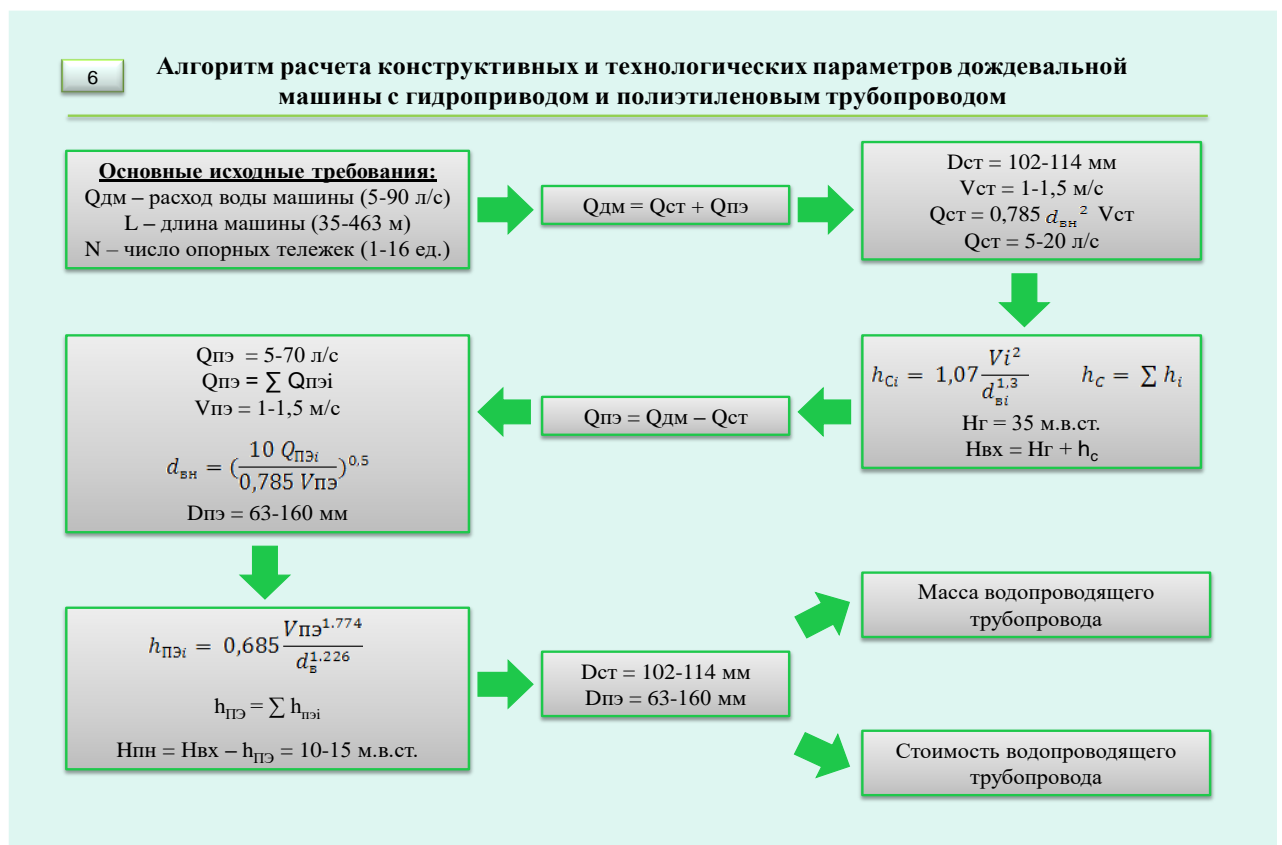


Рисунок 2.5 – Алгоритм расчёта конструктивных и технологических параметров дождевальной машины с гидроприводом и полиэтиленовым трубопроводом

Расчет потерь напора по длине стального трубопровода

Максимальный расход воды V_c , необходимый на устойчивую работу гидроприводов шестнадцати опорных ДМ «Фрегат» определяем из условия максимальной цикличности последней тележки $n_n = 5,5$ ход/мин и максимального числа ходов в минуту на машине n_c :

$$n_c = n_n \cdot \frac{\sum R_i}{R_n}, \quad (2.5)$$

где: n_n – максимальная цикличность последней тележки; $\sum R_i$ – суммарный радиус хода всех тележек; R_n – радиус хода последней тележки.

Тогда:

$$n_c = 5,5 \cdot \frac{3510,9}{435} = 44,4 \text{ ход/мин}$$

При объеме воды гидроцилиндра $V_r = 8$ л суммарный объем воды V_c , потребляемой машиной за минуту, будет равен:

$$V_c = V_r \cdot n_c, \quad (2.6)$$

где: V_r - объем воды в одном гидроцилиндре; n_c – максимальное число ходов в минуту на машине;

Тогда:

$$V_c = 8 \cdot 44,4 = 355,2 \text{ л}$$

Требуемый расход воды для устойчивой работы гидроцилиндров равен:

$$q = \frac{V_c}{60}, \quad (2.7)$$

Тогда:

$$q = 355,2 / 60 = 5,92 \text{ л/с}$$

С учетом возможных протечек 10 %, расход воды будет равен 6,5 л/с.

Потери напора по длине стальной трубы диаметром 102x3,5 мм (внутренний диаметр 95 мм) длиной 435 м ДМ «Фрегат» марки ДМ-454-100 при сумме расхода воды на гидроприводы тележек 6,5 л/с, определялись по формуле Ф.А. Шевелева [157]:

$$h_{СТ} = 1,07 \frac{V^2}{d_B^{1,3}}, \quad (2.8)$$

где: V – скорость воды в трубопроводе на конкретном участке, $d_{\text{вн}}$ – внутренний диаметр трубы

Скорость воды в трубопроводе (таблица 2.1) рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{10 \cdot Q}{0,785 \cdot d_{\text{вн}}^2}, \quad (2.9)$$

$$h = 7,0 \text{ м вод. ст.}$$

Таблица 2.1 – Потери напора по длине дополнительного трубопровода диаметром 102x3,5 мм при суммарном расходе воды на гидроцилиндры машины 6,5 л/с

Участок машины	Участок трубопровода, м	Средний расход воды на участках трубы при суммарном расходе 6,5 л/с	Длина участка трубы, м	Потери напора по длине на i участке трубы, м вод. ст.
НО-Т6	0-150	6,0	150	4,2
Т6-Т8	150-200	5,0	50	0,8
Т8-Т11	200-290	4,46	90	1,35
Т11-Т14	290-380	3,16	90	0,55
Т14-Т16	380-440	1,42	60	0,1
Суммарные потери				7,0

Таким образом, для «холостого перегона шестнадцати опорной ДМ «Фрегат» при суммарном расходе воды на гидроприводы 6,5 л/с необходимый напор на входе в машину» [110] должен быть в пределах:

$$H_{\text{вх}} = h_{\text{пот}} + H_{\text{конц}} = 7 + (30 \dots 38) = 37 \dots 45 \text{ м вод. ст.}$$

Потери напора по длине стального трубопровода диаметром 108 мм при пропуске через нее расхода воды на дождеватели (10 л/с) и на привод гидроцилиндров (4,68 л/с) двенадцати опорной дождевальной машины с полиэтиленовым трубопроводом составляют 11,8 м вод. ст. (таблица 2.2).

Требуемый рабочий напор на входе двенадцати опорной дождевальной машины равен:

$$H_{\text{вх}} = 11,8 + 33 = 45 \text{ м вод. ст.}$$

Фактические потери напора по длине трубопровода для двенадцати опорной машины в ОПХ составили 6-8 м вод. ст. (приложение А, таблица А.1).

Таблица 2.2 – Потери напора по длине стального трубопровода диаметром 108х3,5 мм при суммарном расходе воды 14,6 л/с

Пролет машины	Расход воды дождевателями, л/с	Расход воды, потребляемый тележкой, л/с	Расход воды, проходящей по трубопроводу, л/с	Сумма расхода воды в трубопроводе, л/с	Потери напора на 1000 м, м вод. ст.	Относительная длина участка трубы машины, L/1000	Потери напора на i участке трубы, м вод. ст.
НО-Т1	10	0,045	4,64	14,64	59	0,02	1,18
Т1-Т2	9,97	0,11	4,63	14,6	59	0,03	1,77
Т2-Т3	9,8	0,18	4,53	14,3	57	0,03	1,71
Т3-Т4	9,5	0,23	4,35	13,85	54	0,025	1,35
Т4-Т5	9,08	0,3	4,12	13,2	49,4	0,03	1,48
Т5-Т6	8,54	0,36	3,82	12,3	42,2	0,025	1,05
Т6-Т7	7,98	0,427	3,46	11,45	37,2	0,03	1,11
Т7-Т8	7,2	0,483	3,03	10,23	29,6	0,025	0,74
Т8-Т9	6,4	0,55	2,55	8,95	22,6	0,03	0,67
Т9-Т10	5,37	0,6	2,0	7,37	15,7	0,025	0,39
Т10-Т11	4,4	0,67	1,4	5,8	10,3	0,03	0,31
Т11-Т12	3,1	0,73	0,73	3,83	3,3	0,025	0,08
Суммарные потери							11,8

Расчет потерь напора по длине полиэтиленового трубопровода

Для полиэтиленового трубопровода диаметром 160х6,2 мм при расходе воды в начале трубы – 55 л/с потери напора по её длине при расчёте по формуле Ф.А. Шевелева [157] составляют 12,3 м вод. ст. (таблица 2.3).

$$h_{ПЭ} = 0,685 \frac{V^{1,774}}{d_B^{1,226}} \quad (2.10)$$

Потери напора по длине полиэтиленового трубопровода диаметром 160х6,2 мм, при расходе воды машины на дождеватели 70 л/с, составили 22,6 м вод. ст. (Таблица 2.4).

Эти потери напора приемлемы и при рабочем напоре на входе 40 м вод. ст.

В конце машины рабочий напор составит:

$$(40...45) - 22,6 = 17,4...22,4 \text{ м вод. ст.},$$

что достаточно для работы низконапорных дождевальных насадок.

Таблица 2.3 – Потери напора по длине полиэтиленового трубопровода 337 м диаметром 160х6,2 мм для двенадцати опорной машины при расходе воды 55 л/с

Пролет машины	Расход воды на участке трубопровода, л/с	Скорость воды на i участке трубы	Потери напора на участке 1000 м, м вод. ст.	Относительная длина участка трубы машины, L/1000	Потери напора на i участке трубы, м вод. ст.
1	2	3	4	5	6
НО-Т1	55,0	3,27	59,4	0,020	1,18
Т1-Т2	54,8	3,26	59,1	0,030	1,78
Т2-Т3	54,37	3,24	58,2	0,030	1,74
Т3-Т4	52,6	3,13	54,9	0,025	1,37
Т4-Т5	50,0	2,98	50,2	0,030	1,50
Т5-Т6	47,0	2,8	45,0	0,025	1,12
Т6-Т7	43,0	2,56	38,4	0,030	1,15
Т7-Т8	38,9	2,31	32,1	0,025	0,80
Т8-Т9	33,7	2,0	24,9	0,030	0,75
Т9-Т10	28,3	1,68	18,3	0,025	0,46
Т10-Т11	21,8	1,29	11,5	0,030	0,33
Т11-Т12	15,2	0,9	6,0	0,025	0,15
Суммарные потери					12,33

Таблица 2.4 – Потери напора по длине полиэтиленового трубопровода диаметром 160х6,2 мм при суммарном расходе воды 70 л/с

Пролет машины	Расход воды на участке трубопровода, л/с	Потери напора на 1000 м, м вод. ст.	Относительная длина участка трубы машины, L /1000	Потери напора на i участке трубы, м вод. ст.
НО-Т1	69,0	83,0	0,02	1,66
Т1-Т2	68,0	81,0	0,03	2,43
Т2-Т3	67,0	79,5	0,03	2,35
Т3-Т4	66,0	77,5	0,025	1,93
Т4-Т5	65,0	75,4	0,03	2,26
Т5-Т6	63,3	71,9	0,025	1,8
Т6-Т7	60,6	66,5	0,03	2,0
Т7-Т8	57,6	60,8	0,025	1,52
Т8-Т9	54,0	54,2	0,03	1,626
Т9-Т10	50,2	47,3	0,025	1,18
Т10-Т 11	45,6	40,2	0,03	1,20
Т11-Т12	40,3	32,2	0,03	0,966
Т12-Т13	34,58	24,6	0,03	0,738
Т13-Т14	28,2	17,1	0,03	0,513
Т14-Т15	21,4	10,5	0,03	0,315
Т15-Т16	14,0	4,94	0,03	0,14
Суммарные потери				22,62

Для одноопорной ДМ с расходом воды 5 л/с, длиной машины 35 м: радиус полива – 60 м, расход на пролете 20 м – 0,55 л/с, на консоли – 1,15 л/с, концевой аппарат – 3,3 л/с. Потери напора на первом пролете длиной 20 м и диаметром 102 мм при среднем расходе 4,5 л/с составят 0,2 м. Требуемый напор на входе машины будет равен 35 м.

Для 2-х опорной ДМ с расходом воды 8 л/с, длиной машины 65 м: радиус полива – 87 м, расход на пролете 20 м – 0,42 л/с, на втором – 2,2 л/с, на консоли – 2,08 л/с, концевой аппарат – 3,2 л/с (таблица 2.5). Потери напора по длине машины диаметром 102 мм составят 1,0 м (таблица 2.6). Требуемый напор на входе машины будет равен 36 м.

Таблица 2.5 – Расчёт расхода воды на отдельных участках трубопровода 2-х опорной ДМ «Волга-СМ»

Номер пролета	Расстояние от неподвижной опоры, м	Квадрат расстояния, м ²	Относительная площадь полива пролета, м ²	Расход воды на пролете и участке поля, л/с
НО-Т1	20	400	400	0,42
Т1-Т2	50	2500	2100	2,20
Т2-консоль	67	4489	1989	2,08
КДА	87	7569	3080	3,23

Таблица 2.6 – Расчет потерь напора по длине стального трубопровода диаметром 102 мм 2-х опорной ДМ «Волга-СМ»

Расход воды на участке трубопровода, л/с	Внутренний диаметр трубы, мм	Скорость воды на i участке трубы, м/с	Потери напора на участке 1000 м, м вод. ст.	Относительная длина участка пролета машины, L/1000	Потери напора на i участке пролета, м вод. ст.
7,79	98	1,03	23,40	0,02	0,46
6,48	98	0,85	16,19	0,03	0,48
				Итого	0,98

Для 3-х опорной ДМ с расходом воды 11 л/с, длиной машины 90 м: радиус полива – 110 м, расход на пролете 20 м – 0,36 л/с, на втором – 1,9 л/с, на третьем – 2,84 л/с, на консоли – 2,25 л/с, концевой аппарат – 3,64 л/с (таблица 2.7). Потери напора по длине машины диаметром 102 мм составят 2,0 м (таблица 2.8). Требуемый напор на входе машины будет равен 37 м.

Таблица 2.7 – Расчёт расхода воды на отдельных участках трубопровода
3-х опорной ДМ «Волга-СМ»

Номер пролета	Расстояние от неподвижной опоры, м	Квадрат расстояния, м ²	Относительная площадь полива пролета, м ²	Расход воды на пролете и участке поля, л/с
НО-Т1	20	400	400	0,36
Т1-Т2	50	2500	2100	1,91
Т2-Т3	75	5625	3125	2,84
Т3-консоль	90	8100	2475	2,25
КДА	110	12100	4000	3,64

Таблица 2.8 – Расчет потерь напора по длине стального трубопровода диаметром 102 мм 3-х опорной ДМ «Волга-СМ»

Расход воды на участке трубопровода, л/с	Внутренний диаметр трубы, мм	Скорость воды на i участке трубы	Потери напора на участке 1000 м, м вод. ст.	Относительная длина участка трубы машины, L/1000	Потери напора на i участке трубы, м вод. ст.
10,81	98	1,43	45,06	0,02	0,90
9,68	98	1,28	36,13	0,03	1,08
7,3	98	0,96	20,54	0,03	0,61
				Итого	2,59

Для 6-ти опорной ДМ с расходом воды 22 л/с, длина машины 175 м: радиус полива – 195 м, расход на пролетах увеличивается с 0,2 до 3,75 л/с, на консоли – 2,57 л/с, концевой аппарат – 3,79 л/с (таблица 2.9).

Таблица 2.9 – Расчёт расхода воды на отдельных участках трубопровода
6-ти опорной ДМ «Волга-СМ»

Номер пролета	Расстояние от неподвижной опоры, м	Квадрат расстояния, м ²	Относительная площадь полива пролета, м ²	Расход воды на пролете и участке поля, л/с
НО-Т1	20	400	400	0,20
Т1-Т2	50	2500	2100	1,07
Т2-Т3	80	6400	3900	2,00
Т3-Т4	105	11025	4625	2,37
Т4-Т5	135	18225	7200	3,69
Т5-Т6	160	25600	7375	3,78
Т3-консоль	175	30625	5025	2,57
КДА	195	38025	7400	3,79

Потери напора по длине машины диаметром 102 мм, через который подается расход воды 9 л/с, составят 3,6 м (таблица 2.10).

Таблица 2.10 – Расчет потерь напора по длине стального трубопровода диаметром 102 мм 6-опорной ДМ «Волга-СМ» расход воды 9 л/с общий – 22 л/с

Расход воды на участке трубопровода, л/с	Внутренний диаметр трубы, мм	Скорость воды на i участке трубы, м/с	Потери напора на участке 1000 м, м вод. ст.	Относительная длина участка трубы машины, L/1000	Потери напора на i участке трубы, м вод. ст.
8,86	98	1,17	30,27	0,02	0,60
8,76	98	1,16	29,59	0,03	0,88
8,54	98	1,13	28,12	0,03	0,84
8,18	98	1,08	25,80	0,025	0,64
7,7	98	1,02	22,86	0,03	0,62
				Итого	3,66

Требуемый напор на входе 6-опорной ДМ «Волга-СМ» будет равен:

$$H_{вх} = 34,4 + 3,66 = 38 \text{ м}$$

Потери напора по длине полиэтиленового трубопровода диаметром 90 и 63 мм для 6-опорной ДМ с расходом воды 13 л/с (общий расход воды ДМ – 45 л/с) приведены в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Расчет потерь напора по длине полиэтиленового трубопровода диаметром 90-63 мм (расход воды 13 л/с) 6-опорной ДМ 22 л/с

Расход воды на участке трубопровода, л/с	Внутренний диаметр трубы, мм	Скорость воды на i участке трубы, м/с	Потери напора на участке 1000 м, м вод. ст.	Относительная длина участка трубы машины, L/1000	Потери напора на i участке трубы, м вод. ст.
13,0	83	2,40	68,65	0,02	1,37
12,3	83	2,27	62,23	0,03	1,86
10,83	83	2,00	49,65	0,03	1,48
8,64	58	3,27	184,06	0,025	4,60
5,61	58	2,12	85,55	0,03	2,56
1,88	58	0,71	12,30	0,025	0,30
				Итого	12,20

Напор на последней насадке равен:

$$H_{дн} = 38 - 12,2 = 25,8 \text{ м}$$

Для 10-опорной ДМ «Волга-СМ» с расходом воды 45 л/с, длина машины 283 м, радиус полива 308 м, при расходе воды на стальной трубе равен 9,3 л/с потери напора равны 5,2 м. вод. ст. (таблица 2.12).

Таблица 2.12 – Расчет потерь напора по длине стального трубопровода диаметром 108-102 мм, 10-опорной ДМ «Волга-СМ» расход воды 9,3 л/с

Расход воды на участке трубопровода, л/с	Внутренний диаметр трубы, мм	Скорость воды на i участке трубы, м/с	Потери напора на участке 1000 м, м вод. ст.	Относительная длина участка трубы машины, L/1000	Потери напора на i участке трубы, м вод. ст.
9,17	104	1,08	23,66	0,02	0,47
9,11	104	1,07	23,35	0,03	0,70
8,98	104	1,05	22,69	0,03	0,68
8,76	104	1,03	21,59	0,025	0,539
8,48	104	0,99	20,23	0,03	0,60
8,11	104	0,95	18,51	0,025	0,46
7,68	104	0,90	16,59	0,03	0,49
7,17	98	0,95	19,82	0,025	0,49
6,59	98	0,87	16,74	0,03	0,50
5,93	98	0,78	13,55	0,025	0,33
				Итого	5,29

Таблица 2.13 – Расчет потерь напора по длине полиэтиленового трубопровода диаметром 110-90 мм (расход воды 35,7 л/с) 10-опорной ДМ «Волга-СМ»

Расход воды на участке трубопровода, л/с	Внутренний диаметр трубы, мм	Скорость воды на i участке трубы, м/с	Потери напора на участке 1000 м, м вод. ст.	Относительная длина участка трубы машины, L/1000	Потери напора на i участке трубы, м вод. ст.
35,71	101,6	4,40	157,01	0,02	3,14
35,11	101,6	4,33	152,36	0,03	4,57
33,83	101,6	4,17	142,64	0,03	4,27
31,91	101,6	3,93	128,60	0,025	3,21
29,31	101,6	3,61	110,60	0,03	3,31
26,11	101,6	3,22	90,09	0,025	2,25
22,11	101,6	2,72	67,07	0,03	2,01
17,61	83	3,25	117,62	0,025	2,94
12,38	83	2,28	62,95	0,03	1,88
6,5	83	1,20	20,07	0,025	0,50
					28,11

Напор на входе 10-опорной ДМ «Волга-СМ»:

$$H_{вх} = H_{к} + h_{п} = 34,8 + 5,2 = 40 \text{ м}$$

Напор перед последней насадкой на полиэтиленовом трубопроводе:

$$H_{дн} = H_{вх} - h_{пот} = 40 - 28,1 = 11,9 \text{ м}$$

Это близкое к оптимальному значение.

Для 13-опорной ДМ «Волга-СМ» с расходом воды 75 л/с, длина машины – 379 м, радиус полива – 404 м, при расходе воды на стальной трубе 15 л/с потери напора равны 11,8 м вод. ст. (таблица 2.14).

Таблица 2.14 – Расчет потерь напора по длине стального трубопровода диаметром 114-108-102 мм 13-опорной ДМ, расход воды на стальной трубе – 15 л/с

Расход воды на участке трубопровода, л/с	Внутренний диаметр трубы, мм	Скорость воды на i участке трубы, м/с	Потери напора на участке 1000 м, м вод. ст.	Относительная длина участка трубы машины, L/1000	Потери напора на i участке трубы, м вод. ст.
15	109	1,60	49,37	0,02	0,987
14,95	109	1,60	49,10	0,03	1,473
14,85	109	1,59	48,44	0,025	1,211
14,70	109	1,57	47,45	0,03	1,423
14,49	109	1,55	46,08	0,025	1,152
14,22	109	1,52	44,42	0,03	1,332
13,90	109	1,49	42,42	0,025	1,060
13,52	104	1,59	51,51	0,03	1,545
13,09	104	1,54	48,24	0,03	1,447
2,60	98	0,34	2,60	0,03	0,078
2,04	98	0,27	1,60	0,03	0,048
1,42	98	0,18	0,77	0,03	0,023
0,74	98	0,09	0,21	0,03	0,006
					11,789

Напор на входе машины должен быть: $H_{вх} = H_{к} + h_{пот} = 33,2 + 11,8 = 45 \text{ м}$.

Потери напора по длине полиэтиленового трубопровода диаметром 160-140-110-90 и 63 мм для 13-опорной ДМ с расходом воды 60 л/с (общий расход воды ДМ – 75 л/с) составили 31,5 м вод. ст. (таблица 2.15).

Напор на последней насадке на полиэтиленовом трубопроводе для 13-опорной машины близок к оптимальному значению и равен:

$$H_{н} = 45 - 31,5 = 13,5 \text{ м}$$

Для 16-опорной ДМ «Волга-СМ» с расходом воды 90 л/с, длина машины – 463 м, радиус полива – 488 м, при расходе воды на стальной трубе 17 л/с потери напора равны 10 м вод. ст. (таблица 2.16, 2.17).

Таблица 2.15 – Расчет потерь напора по длине полиэтиленового трубопровода диаметром 160-140-110 мм 13-опорной ДМ, расход воды – 60 л/с

Расход воды на участке трубопровода, л/с	Внутренний диаметр трубы, мм	Скорость воды на i участке трубы	Потери напора на участке 1000 м, м вод. ст	Относительная длина участка трубы машины, L/1000	Потери напора на i участке трубы, м вод. ст.
59,85	147,6	3,49	65,99	0,02	1,31
59,08	147,6	3,45	64,49	0,03	1,93
57,93	147,6	3,38	62,28	0,025	1,55
55,94	129,2	4,26	110,55	0,03	3,31
53,78	129,2	4,10	103,09	0,025	2,57
50,58	129,2	3,86	92,47	0,03	2,77
47,41	129,2	3,61	82,44	0,025	2,06
43,00	129,2	3,28	69,33	0,03	2,07
37,93	101,6	4,68	174,78	0,03	5,24
32,20	101,6	3,97	130,68	0,03	3,92
25,80	101,6	3,18	88,22	0,03	2,64
18,74	101,6	2,31	50,05	0,03	1,50
11,02	101,6	1,36	19,52	0,03	0,58
					31,51

Таблица 2.16 – Расчет потерь напора по длине стального трубопровода диаметром 114-102 мм, 16 опор, расход воды – 17 л/с

Расход воды на участке трубопровода, л/с	Внутренний диаметр трубы, мм	Скорость воды на i участке трубы, м/с	Потери напора на участке 1000 м, м вод. ст.	Относительная длина участка трубы машины, L/1000	Потери напора на i участке трубы, м вод. ст.
16,97	109	1,82	63,24	0,02	1,264
16,53	109	1,77	59,96	0,03	1,798
15,74	109	1,68	54,37	0,03	1,631
14,78	109	1,58	47,96	0,025	1,199
13,31	109	1,42	38,90	0,03	1,167
11,77	109	1,26	30,43	0,025	0,760
9,59	109	1,02	20,21	0,03	0,606
7,91	109	0,84	13,72	0,025	0,343
5,63	109	0,60	6,95	0,03	0,208
5,32	109	0,57	6,21	0,025	0,155
4,96	109	0,53	5,41	0,03	0,162
4,57	98	0,60	8,07	0,03	0,242
4,14	98	0,54	6,60	0,03	0,198
3,66	98	0,48	5,16	0,03	0,154
3,15	98	0,41	3,82	0,03	0,114
2,59	98	0,34	2,58	0,03	0,077
					10,0

Напор на последней насадке равен:

$$H_n = 45 - 35,6 = 9,4 \text{ м}$$

Таблица 2.17 – Расчет потерь напора по длине полиэтиленового трубопровода диаметром 160-140-110 мм, 16 опор, расход воды 73 л/с

Расход воды на участке трубопровода, л/с	Внутренний диаметр трубы, мм	Скорость воды на i участке трубы	Потери напора на участке 1000 м, м вод. ст.	Относительная длина участка трубы машины, L/1000	Потери напора на i участке трубы, м вод. ст.
72,895	147,6	4,262411	93,62661	0,02	1,872532
72,895	147,6	4,437831	100,5707	0,03	2,807122
72,895	147,6	4,262411	93,62661	0,03	2,808798
72,895	147,6	4,262411	93,62661	0,025	2,340665
75,895	147,6	4,437831	100,5707	0,03	3,017122
72,895	147,6	4,262411	93,62661	0,025	2,340665
72,895	147,6	4,262411	93,62661	0,03	2,808798
72,895	147,6	4,262411	93,62661	0,025	2,340665
57,9	147,6	3,385604	62,22506	0,03	1,866752
53,85	147,6	3,148787	54,71381	0,025	1,367845
48,9	129,2	3,731764	87,06798	0,03	2,612039
43,2	129,2	3,296773	69,88319	0,03	2,096496
35,4	115,4	3,386273	84,16917	0,03	2,525075
27	101,6	3,332013	95,6138	0,03	2,868414
17	101,6	2,097934	42,08212	0,03	1,262464
12,63	101,6	1,558642	24,8411	0,03	0,745233
					35,69069

Учитывая данные гидравлических расчетов, приведенный в таблицах 2.1-2.17, следует принимать следующие размеры труб для машин с расходом воды:

– от 75 до 90 л/с (13-16 опор) необходимо до 7-11 тележки совместно со стальным трубопроводом диаметром 114 мм использовать полиэтиленовую трубу диаметром 160 мм и 140 мм, далее трубой Ø 102 использовать полиэтиленовые трубы диаметром 110 и 63 мм [126];

– 65 л/с (12-ти опорная машина) в качестве основной трубы необходимо использовать полиэтиленовую трубу диаметром 140-110-90-63 мм и дополнительную стальную трубу диаметром 102 мм;

– от 45 до 55 л/с (7-11 опор) в качестве основной трубы необходимо использовать полиэтиленовую трубу диаметром 110-90-63 мм и дополнительную сталь-

ную трубу диаметром 102 мм.

– для ДМ «Волга-СМ» (число тележек – 1-3 шт., расход воды – 5-11 л/с) необходимо использовать только стальную трубу диаметром 102 мм. Для 4-5-опорных ДМ «Волга-СМ» (расход воды – 14-18 л/с) необходимо использовать стальную трубу диаметром 102 мм и полиэтиленовую трубу диаметром 63 мм. Для 6-9-опорных ДМ «Волга-СМ» необходимо использовать стальную трубу диаметром 102 мм и полиэтиленовую трубу диаметром 90 и 63 мм.

Значения диаметров основной полиэтиленовой и дополнительной стальной трубы в зависимости от модификации машины и расхода воды представлены в таблице 2.18.

Таблица 2.18 – Значения диаметров основной полиэтиленовой и дополнительной стальной трубы в зависимости от модификации машины и расхода воды [126]

Число тележек, шт.	Длина машины, м	Расход воды, л/с	Напор на входе в машину, м. в. ст.		Диаметр трубы, мм	
			ДМ «Волга-СМ»	базовая ДМ «Фрегат»	полиэтиленовой	стальной
16	463	90	45	63	Ø 160-140- 110-63	Ø 114-108-102
15	434	90	45	62	Ø 160-140- 110-63	Ø 114-108-102
14	409	80	43	58	Ø 160-140- 110-63	Ø 114-108-102
13	379	75	43	57	Ø 160-140- 110-63	Ø 114-108-102
15	417	55	42	57	Ø 110-90-63	Ø 102
14	392	50	40	55	Ø 110-90-63	Ø 102
13	362	50	40	54	Ø 110-90-63	Ø 102
12	337	65	43	59	Ø 140-110-90-63	Ø 102
11	308	55	42	54	Ø 110-90-63	Ø 102
10	283	45	40	51	Ø 110- 90-63	Ø 102
9	253	38	45	50	Ø 90-63	Ø 102
8	229	32	42	48	Ø 90-63	Ø 102
7	199	28	40	47	Ø 90-63	Ø 102
6	175	22	40	46	Ø 90- 63	Ø 102
5	145	18	40	45	Ø 63	Ø 102
4	120	14	39	44	Ø 63	Ø 102
3	90	11	37	43	нет	Ø 102
2	65	8	36	42	нет	Ø 102
1	35	5	35	42	нет	Ø 102

Зависимость напора на входе в машину от расхода воды различных модификаций ДМ «Волга-СМ» и серийных ДМ «Фрегат» представлены на рисунке 2.6. Расчёты показывают, что применение двойного трубопровода позволит снизить напор на входе в машину «Волга-СМ» на 34-40 % до 35-45 м вод. ст., вместо 0,47-0,63 м вод. ст. ДМ «Фрегат», что позволит экономить на потреблении электроэнергии на полив.

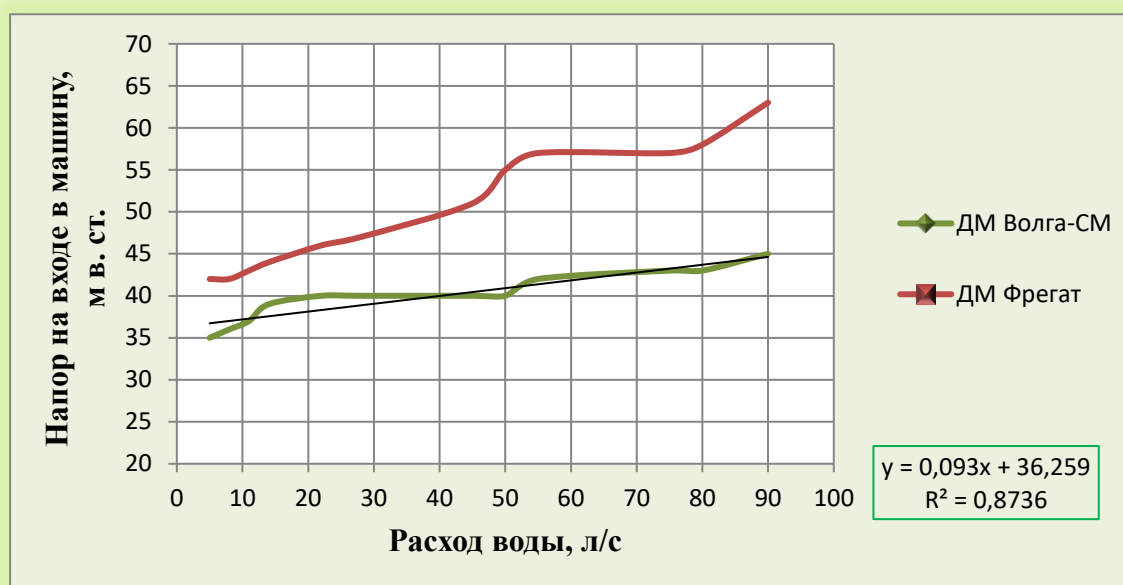


Рисунок 2.6 – Зависимость расхода воды от напора на входе в машину различных модификаций ДМ «Волга-СМ» и серийных ДМ «Фрегат»

2.2.3 Расчет массы дождевальная машины с полиэтиленовым трубопроводом

«На дождевальная машине изменяется только водопроводящий трубопровод, поэтому массу машины оцениваем, как массу полиэтиленового и стального трубопровода, учитывая массу воды в данных трубопроводах, сравниваем результат с массой стандартных ДМ «Фрегат»» [107].

Примеры расчета:

Полиэтиленовая труба диаметром 160х6,2 мм, длина 10 м.

Масса 1 п. м. трубы – 3,0 кг; масса воды в 1 п. м. трубы – 14,6 кг.

Масса 1 п. м. трубы с водой равна: $3,0 + 14,6 = 17,6$ кг.

Общая масса полиэтиленовой трубы с водой (10 м) равна 176 кг.

Дополнительная стальная труба диаметром 102x3,5 мм длина 10 м.

Масса 1 п. м. трубы – 8,44 кг.

Общая масса стальной трубы (10 м) равна 85 кг, а с учетом фланцев, штуцеров и кронштейнов – 90 кг.

Масса воды в 1 п. м. дополнительной стальной трубы – 6,7 кг, в 10 м – 67 кг.

Общая масса стальной трубы с водой: $90 + 67 = 157$ кг.

Общая масса полиэтиленовой и стальной трубы равна: $176 + 157 = 333$ кг (таблица 2.19).

Консольная часть машины выполнена из стальной трубы диаметром 89 мм, масса которой с водой составляет 122 кг (меньше на 200 %), а при использовании на консоли полиэтиленовой трубы диаметром 63 мм общий вес 10 м будет равен 154 кг или меньше на 57 %.

Стальная труба диаметром 178x1,8 мм.

Масса 1 п. м. – 7,82 кг, 10 м – 78,2 кг, а с учетом фланца и кронштейна – 90 кг (10 м).

Масса воды в данной трубе 1 п. м. – 23,87 кг, 10 м – 238,7 кг.

Общая масса стальной трубы диаметром 178x1,8 мм с водой: $90 + 238,7 = 328,7$ кг.

Общая масса стальной трубы диаметром 152x1,8 мм с водой – 245,7 кг.

Таким образом, масса водопроводящего трубопровода с полиэтиленовой и стальной трубой (для максимального расхода воды 16-ти опорной машины) примерно одинаковая, снижение составляет 3 %. Для 13-ти опорной машины, масса машины уменьшается на 9 %.

Для 1-3-х опорных дождевальных машин, где используется только стальная труба диаметром 102 мм, масса трубы с водой будет равна 157 кг, т. е. масса машины уменьшается в 1,6-1,7 раза. Для 6-ти опорной машины, ее масса уменьшается на 41,7 %.

Для 10-ти опорной ДМ при использовании полиэтиленовой трубы диамет-

ром 110-63 мм масса машины уменьшается на 8,8 %.

Масса водопроводящего трубопровода, приходящаяся на последнюю тележку дождевальной стандартной машины – 741 кг. Для ДМ «Волга-СМ» с полиэтиленовой трубой диаметром 90 мм и стальной трубой консоли диаметрами 102 и 89 мм масса водопроводящего трубопровода составляет 511 кг или меньше на 45 %.

Таблица 2.19 – Масса ДМ «Волга-СМ» (со стальным и полиэтиленовым трубопроводом) и базовой ДМ «Фрегат» в зависимости от модификации [134]

ДМ «Фрегат» (базовая)		ДМ «Волга-СМ»		Масса трубы с водой длиной 10 м, кг	
Марка машины (характеристики)	Диаметр стальной трубы, мм	Диаметры труб трубопровода, мм		Фрегат	Волга-СМ
		полиэтиленового	стального		
ДМУ-Б (16 опор, 463 м, 90 л/с)	до Т11- 178 далее - 152	160 – до Т 10	114	328,7	341 (+3,7 %)
		140 – до Т 11	114	328,7	317 (-3,7 %)
		140 – до Т 12	102	245,7	279 (+13,5 %)
		110 – до Т 16	102	245,7	220 (-10,5 %)
		63 – далее	89	245,7	154 (-37,4 %)
Снижение общей массы трубопровода на 3 %					
ДМУ-Б (13 опор, 379 м, 75 л/с)	До Т11- 178 Далее – 152	160 – до Т 3	114	328,7	341 (+3,7 %)
		140 – до Т 7	114	328,7	317 (-3,7 %)
		110 – до Т 12	102	245,7	220 (-10,5 %)
		63 – далее	89	245,7	154 (-37,4 %)
Снижение общей массы трубопровода на 9 %					
ДМУ-А (10 опор, 283 м, 45 л/с)	152	110 – до Т 3	108	245,7	235(-4,4 %)
		110 – до Т 7	108	245,7	235(-4,4 %)
		90 – до Т 10	102	245,7	194 (-21,1 %)
		63 – далее	89	245,7	154 (-37,4 %)
Снижение общей массы трубопровода на 12 %					
ДМУ-А (6 опор, 175 м, 22 л/с)	152	90 – до Т 4	102	245,7	194 (-21,1 %)
		63 – до Т 6	102	245,7	156 (-36,5 %)
		63 – далее	89	245,7	154 (-37,4 %)
Снижение общей массы трубопровода на 41,7 %					
ДМУ-А (3 опоры, 90 м, 11 л/с)	152	Нет	102	245,7	156 (-36,5 %)
			89	245,7	122 (-50,4 %)
Снижение общей массы трубопровода на 61,7 %					
ДМУ-А (1 опора, 35 м, 5 л/с)	152	нет	102	245,7	156 (-36,5 %)
			89	245,7	122 (-50,4 %)
Снижение общей массы трубопровода на 73 %					

2.3 Обоснование технических предложений по повышению проходимости дождевальной машины «Волга-СМ»

Тележки ДМ «Фрегат» перемещаются в зоне дождя и после поливного сезона на поле образуются глубокие (15-20 см и более) и широкие (35-45 см) колеи.

«Глубину колеи после прохода металлического колеса по данным А. И. Рязанцева [138] можно определить по формуле» [137]:

$$H = \frac{1,2 Q}{P_0 b D^{0,5}}, \quad (2.11)$$

где: Q – вертикальная нагрузка на ось колеса, Н; P_0 – несущая способность почвы, Н/м²; D , b – диаметр и ширина обода колеса, м. [137]

«Исследования В. П. Горячкина, А. К. Бируля [5], Г. Н. Синеокова [139], Н. П. Крутикова [50], А. И. Рязанцева [138] и анализ формулы (2.11) показывают, что уменьшение глубины колеи может быть достигнуто за счет увеличения диаметра» [137] D и ширины обода b колеса, а также увеличения несущей способности почвы P_0 .

Несущая способность почвы P_0 , согласно Г. Н. Синеокова [139], Н. П. Крутикова [50], А. И. Рязанцева [138], Н. А. Алексейчика в большей степени зависит от влажности почв. «Исследования несущей способности P_0 торфяных почв Белоруссии [137] показали, что с увеличением относительной влажности с 55 до 87 % показатели P_0 уменьшаются (рисунок 2.7) на всех изучаемых агрофонах (многолетние травы, стерня, прикатанное поле, продискованное поле)» [137].

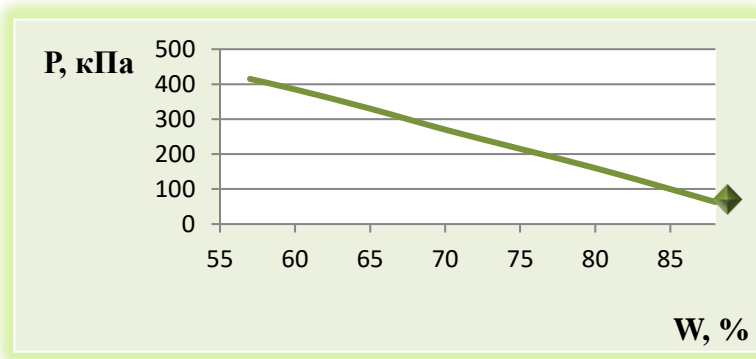


Рисунок 2.7 – Зависимость несущей способности почвы P_0 от относительной влажности почвы

Чтобы уменьшить попадание дождя под тележки и повысить несущую способность почвы под колесами нами предложено монтировать на открылках длиной 2,2 м, установленных на ближних к тележкам водовыпускам, дождевальные насадки с углом полива 280° (патент № 220289) (рисунки 2.8, 2.9 а, 2.9 б). Это позволит исключить и значительно уменьшить попадание дождя под колеса тележек.

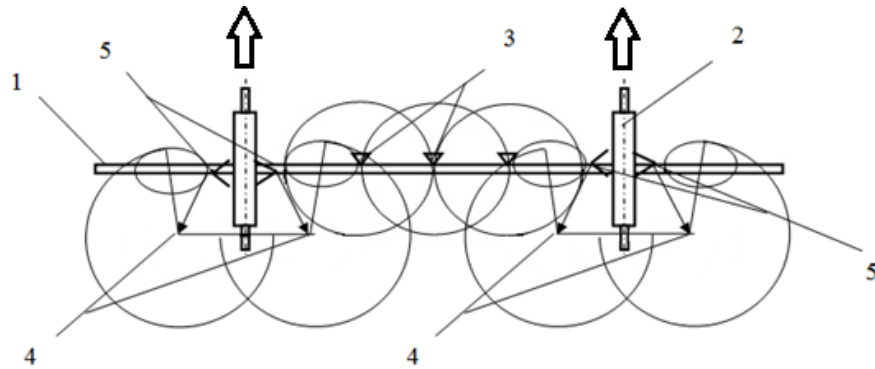


Рисунок 2.8 – Схема полива на пролете ДМ «Волга-СМ»:

- 1 – трубопровод дождевальной машины; 2 – опорная тележка с подтележечным щитком; 3 – дефлекторные насадки кругового полива; 4 – дефлекторные насадки с заданным углом полива 280° ; 5 – сливные насадки гидроцилиндра



а



б

Рисунок 2.9 (а, б) – Дефлекторная насадка с углом полива 280° из полимерного материала (конструкции ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»)

Чтобы уменьшить количество воды, которое попадает под колеса тележки, и глубину образующейся колеи, а также повысить проходимость машины, гидроцилиндры снабжены специальными сливными насадками.

Разбрызгивающее устройство сливной системы гидропривода опорных тележек дождевальная машины «Волга-СМ» (рисунок 2.10) представляет собой дождевальную насадку секторного действия, выполненную из полиамида марки ПА-6.

Она состоит из резьбового хвостовика 1, шестигранника 2 с конусным отверстием 3 (диаметр на входе составляет 21 мм, на выходе – 16 мм) и двухотвального трамплинообразного дефлектора 4. Резьбовым хвостовиком насадку вворачивают в корпус 5 клапана-распределителя сливной системы гидропривода опорных тележек 6. Во время работы машины вода, пройдя через конусное отверстие насадки, под напором попадает на ее дефлектор и в виде дождя разбрызгивается по орошаемой поверхности поля на расстоянии 0,5-3,5 м от центра колеи. Дождь устойчив к сносу до скорости ветра 9-12 м/с. Стока, повреждения растений и почвы не наблюдается.

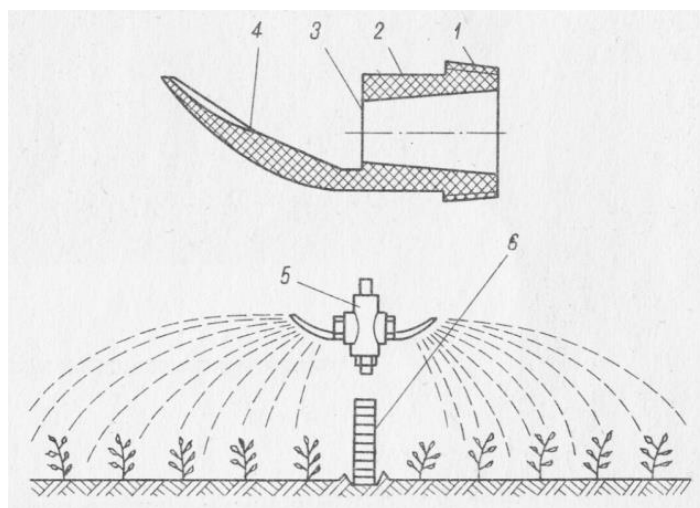


Рисунок 2.10 – Схема разбрызгивающего устройства сливной системы гидропривода опорных тележек ДМ «Волга-СМ»

Масса одного устройства (насадки) – 22 г., а комплекта (23 шт.) на машину – 0,5 кг, что меньше массы сливной магистрали, поставляемой заводом, в 500 раз.

При неисправной сливной магистрали более 1000 м³ воды за каждый круг машины (а за сезон – 5-10 тыс. м³) из ее цилиндров сливается в колею, образуемую колесами, то есть теряется на сток.

Сливные насадки гидроцилиндра (рисунок 2.11 а, б) обеспечивают увеличение дальности отбрасывания воды от колеи. Насадка позволяет более рационально использовать оросительную воду, а уменьшение глубины и ширины колеи – улучшить условия эксплуатации и поднять производительность не только самой дождевальной машины, но и уборочной, почвообрабатывающей и другой техники, движущейся поперечно круговым колеям на всей площади орошения.



а



б

Рисунок 2.11 – Сливная насадка гидроцилиндра (конструкции ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»)

Если на тележках машины наблюдаются протечки через изношенные манжеты гидроцилиндра и клапана распределителя, напорные рукава или трещины и разрывы в прокладках и трубах, то предлагается использовать подтележечный щиток (рисунки 2.12, 2.13).

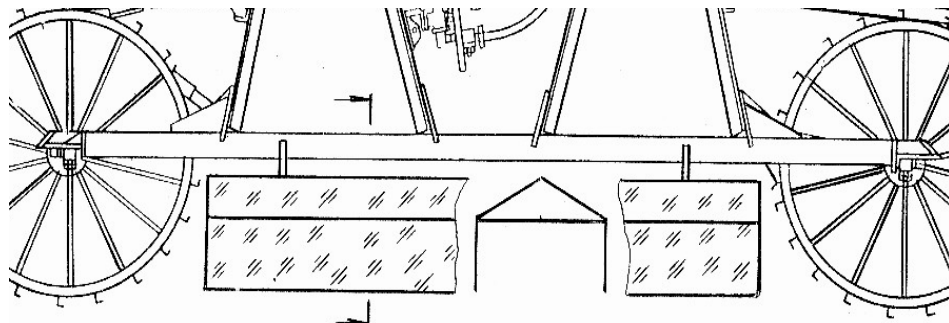


Рисунок 2.12 – Схема монтажа на раме тележки ДМ «Волга-СМ» подтележечного щитка

«Подтележечный щиток представляет собой каркас шириной 0,4 м и длиной 2,2 м, который закрыт водонепроницаемым материалом (пленка, полог и др.) Щиток устанавливается над колеей колес на расстоянии 15-20 см от рамы тележки» на кронштейне и передней частью прикреплен к оси колеса» [137, 140]. При попадании воды на щиток она отводится за пределы колеи и обеспечивает передвижение тележки по почве с большей несущей способностью.



Рисунок 2.13 – Работа тележки ДМ «Волга-СМ» с подтележечным щитком

Выводы

1. Обоснована конструкция многоопорной вантовой дождевальная машины с двумя трубопроводами: стальным малого диаметра и основным полиэтиленовым (патент № 160893, 178776, 208408, 220261).

2. Разработана математическая модель расчёта диаметров полиэтиленового и стального трубопроводов в зависимости от модификации и длины дождевальной машины с гидроприводом. На основании гидравлических расчетов определены требуемые диаметры стального (102-114 мм) и полиэтиленового (63-160 мм) трубопроводов в зависимости от длины и расхода воды дождевальной машины.

3. Расчеты показали, что применение на дождевальной машине «Волга-СМ» стального трубопровода малого диаметра и полиэтиленового обеспечит снижение общей массы трубопровода от 3 до 73 % в зависимости от модификации машины, в сравнении с ДМ «Фрегат».

4. Применение двойного трубопровода позволит снизить напор на входе в

машину «Волга-СМ» на 34-40 % до 35-45 м вод. ст., вместо 47-63 м вод. ст. ДМ «Фрегат», что позволит экономить электроэнергию на полив.

5. Обоснованы технические решения, направленные на повышение проходимости машины и уменьшение колесобразования, включающие дождевальные насадки с углом полива 280° , устанавливаемых на открывках в районе тележек, сливной насадки системы гидропривода и подтележечного щитка (патент № 220289).

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа исследований

Для исследования и подтверждения теоретических обоснований и технических разработок выполнялись лабораторные и полевые экспериментальные исследования.

Проводились полевые испытания многофункциональной дождевальной машины с полиэтиленовым трубопроводом «Волга-СМ». Определялись значения расхода воды каждым дождевателем и суммарный расход воды дождевальной машины с учетом расхода воды на работу гидроприводов тележек и на протечки. Был выполнен расчет карт настройки дождевальных насадок. После чего, была определена равномерность полива ДМ «Волга-СМ» при изменяющейся ветровой нагрузке, а также качественные показатели полива, такие как интенсивность и крупность капель дождя.

Исследовались технические и технологические параметры дождевальной машины «Волга-СМ», такие как напор на входе машины, скорость машины, время оборота машины, радиус захвата дождем, площадь полива, поливная норма, энергоемкость полива.

3.2 Методика лабораторно-полевых исследований

3.2.1 Полевые испытания дождевальной машины «Волга-СМ».

Определение расхода воды дождевальной насадкой и машины в целом, показателей равномерности полива при изменяющейся ветровой нагрузке, интенсивности и крупности капель дождя

Опытный образец дождевальной машины «Волга-СМ» смонтирован на орошаемом участке в ОПХ «ВолжНИИГиМ», где в течение ряда лет проводились

полевые исследования. На орошаемом участке смонтированы и эксплуатируются также десять дождевальных машин «Фрегат» различной длины и модификации, а также ДМ «Осанна» (рисунок 3.1).

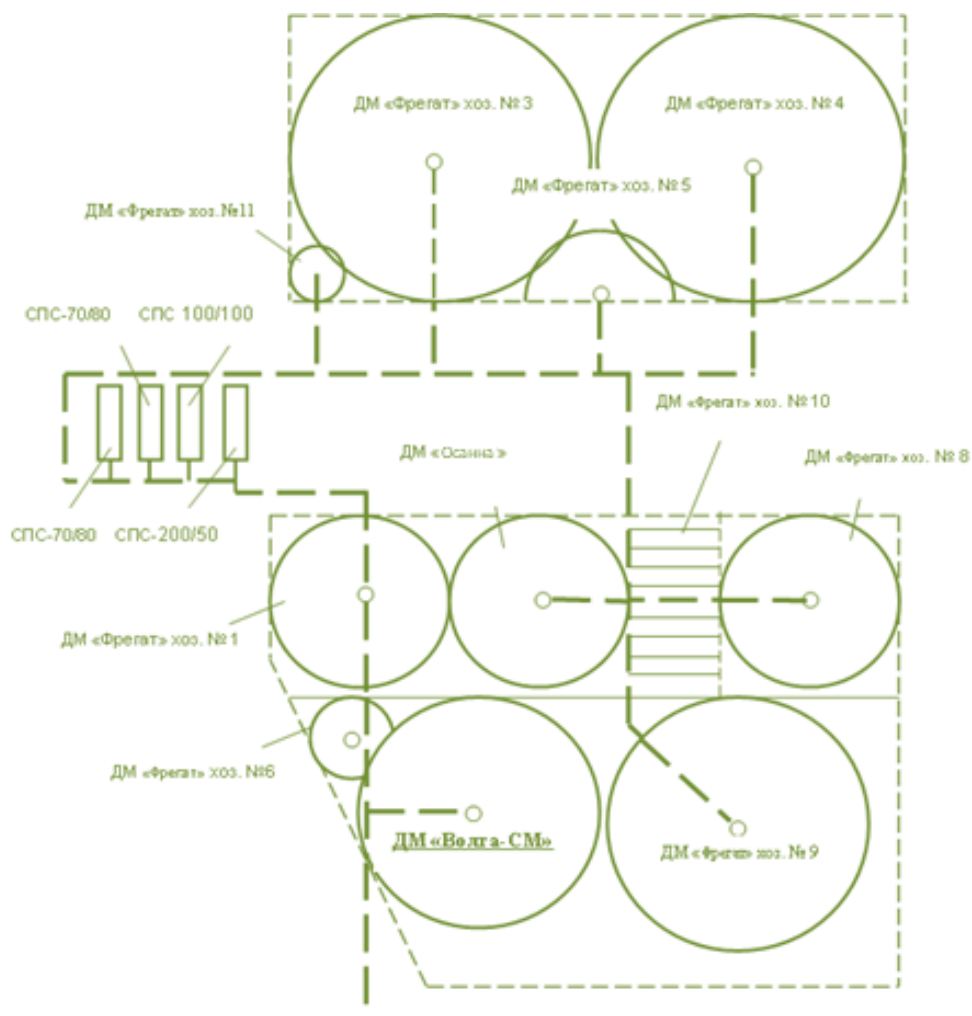


Рисунок 3.1 – Монтаж дождевальных машин, насосной станции и закрытой сети на участке орошения в ОПХ «ВолжНИИГиМ»

На насосной станции установлены четыре насосных агрегата средней энергоёмкости. В зависимости от требуемого расхода воды и числа одновременно работающих машин на насосной станции могут включаться агрегаты типа СПС-70/80 (всего два агрегата) с электродвигателем мощностью 100 кВт или насосный агрегат СПС-100/100 с электродвигателем мощностью 160 кВт. Также на насосной станции установлен малоэнергоёмкий насос СПС 200/50 с электродвигателем мощностью 160 кВт.

Оросительная сеть представлена в виде стальных и полиэтиленовых трубопроводов наружной и подземной прокладки различного диаметра: 400 мм, 300 мм и 250 мм.

На напорном коллекторе насосной станции смонтированы ряд ручных задвижек, которые позволяют регулировать подачу расхода воды как на северный, так и на южный участки в зависимости от числа работающих машин и их модификации.

В основу методики полевых исследований дождевальной машины с полиэтиленовым трубопроводом «Волга-СМ» взяты положения СТО АИСТ 10.1-2010 «Машины и установки дождевальные. Программа и методика испытаний» [144].

Расход воды дождевальной машины является одним из основных показателей её работы и определяет производительность машины и своевременность полива участка орошения. Расход воды поливной техники определяется расходом воды всех дождевальных насадок и концевых аппаратов. Расход воды дождевальных насадок определяли объёмным способом с использованием заборного устройства (рисунок 3.2), мерного бака и секундомера.



Рисунок 3.2 – Замер расхода воды дождевальной насадки объёмным способом с использованием мерного бака

Заборное устройство представляет собой цилиндрический колпак, который устанавливался сверху на дождевальную насадку, а по напорному рукаву вода поступала в мерный бак. Время заполнения мерного бака определялось секундомером. Объём воды, подаваемый дождевальной насадкой за одну секунду [103], определяется по формуле:

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

где: V – зафиксированный объём воды, л;

t – время наполнения мерной емкости, с.

Объём воды, подаваемый дождевальной машиной «Волга-СМ» за одну секунду (Q), рассчитывается как сумма объём воды подаваемый каждым дождевателем (Σq_d) и расхода воды на гидроприводы тележек (Σq_e) по формуле:

$$Q = \Sigma q_d + \Sigma q_e \quad (3.2)$$

Для определения действительной интенсивности дождя дефлекторной насадки (ρ_d) необходимо установить площадь её орошения (Π_m) и объём воды подаваемый дождевателем (q_d). Расчёт действительной интенсивности дождя [103] проводится по формуле:

$$\rho_d = \frac{60 \cdot q}{\Pi_m} = \frac{60 \cdot q}{\pi \cdot R^2} \quad , \quad (3.3)$$

где: q – объём воды подаваемый дефлекторной насадкой, л/с; R – радиус полива дефлекторной насадки, м;

«Для определения действительной интенсивности дождя концевой струйного аппарата (ρ_d) необходимо определять площадь орошения струи, которая по форме близка к эллипсу и определяется длиной (R – радиусом полива) и шириной захвата струи (B)» [103]. Действительная интенсивность дождя аппарата определяется делением расхода воды концевой аппарата (q_a) на площадь его орошения (Π_a) по формуле:

$$\rho_d = \frac{60 \cdot q}{\Pi_c} = \frac{60 \cdot q}{0,785 \cdot R \cdot B}, \quad (3.4)$$

где: q – объём воды, подаваемый концевым аппаратом, л/с; R – радиус полива струйного аппарата, м; B – ширина захвата струи концевого аппарата, м.

При поливе дождевальной насадкой струя попадает на дефлектор, и при сходе с него образуется тонкая пленка, которая распадается на капли различного размера. Для оценки распыла струи производили замеры диаметра капель дождя в различных точках радиуса захвата струи. В начале струи выпадали капли небольшого размера, которые увеличиваются в средней части струи, а максимальные капли выпадают в концевой части струи. Для определения среднего диаметра капель дождя использовали улавливатель капли (рисунок 3.3) внутрь которого помещали обеззоленный бумажный фильтр, натертый чернильным порошком [31].



Рисунок 3.3 – Определение крупности капель дождя при помощи бумажного фильтра, установленного в улавливателе капли

Улавливатель капли вносился в зону полива, крышка которого открывалась на небольшой промежуток времени, чтобы капли дождя попали на фильтр. После высыхания бумажного фильтра на нем при помощи микроскопа измеряются раз-

меры отпечатка каплей (рисунок 3.4). Средний размер капли определялся как средняя величина по двум перпендикулярным направлениям.

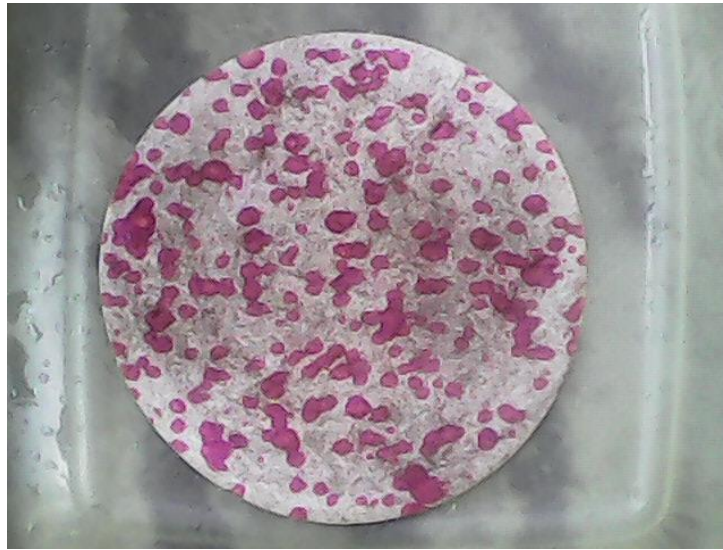


Рисунок 3.4 – Бумажный фильтр с отпечатками каплей дождя дождевальной насадки

Фактический диаметр капли дождя определяли по графику зависимости по отпечатку капли [31, 103] (рисунок 3.5).

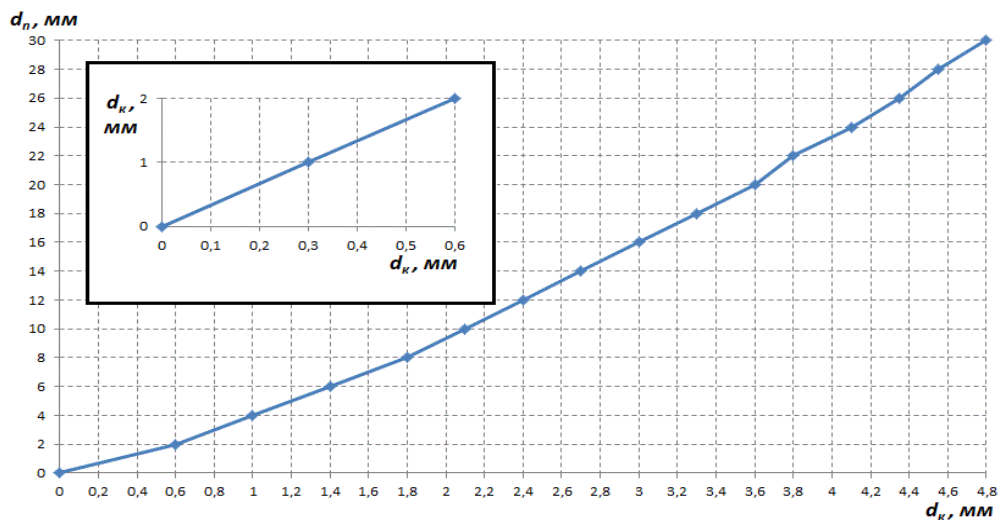


Рисунок 3.5 – График зависимости диаметра капли искусственного дождя от диаметра отпечатка на бумажном фильтре

Давление на выходе струи дождевальной насадки определяли при помощи

манометра с трубкой Пито (рисунок 3.6), которая вводилась в центр струи на расстоянии 2-3 мм от ее выхода из сопла дождевателя.



Рисунок 3.6 – Замер давления на выходе струи дождевальной насадки при помощи трубки Пито

«Равномерность полива дефлекторной насадки оценивалась по распределению слоя дождя на площади полива следующими показателями» [144]:

1. «Коэффициент эффективного полива рассчитывался, согласно СТО АИСТ 10.1-2010 «Машины и установки дождевальные. Программа и методика испытаний»» [144].

2. «Коэффициент неравномерности полива дефлекторной насадки» [19] по модернизированной формуле Б.М. Лебедева [53, 103, 133]:

$$K_H = \frac{\sum (\rho_i - \rho_c) \cdot K_i}{\rho_c \cdot \sum K_i} \quad (3.5)$$

где K_i – коэффициент площади дождемера, значения которого определяют i -точку радиуса.

3. «Коэффициент равномерности полива по Кристиансену» [144]:

$$\sigma = 100 \left(1 - \frac{\sum |h_i - h_c|}{h_c \cdot n} \right) \quad (3.6)$$

где: $|h_i - h_c|$ – абсолютная величина отклонения измерения от среднего слоя осадков, мм; h_c – средний слой осадков, мм; n – число измерений.

При исследовании дождевальной насадки с заданным углом полива (рисунок 2.9 а, б) исследовался угол полива (рисунок. 3.7) в зависимости от угла конуса и его размеров на одной из ножек насадки

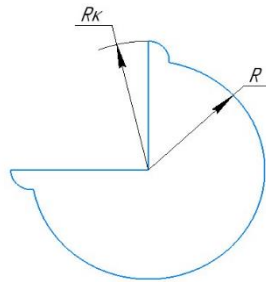


Рисунок 3.7 – Зона орошения дождевальной насадки с заданным углом полива

Для оценки равномерности и «качества полива ДМ «Волга-СМ» использовались осадкомеры с площадью входного отверстия $25,5 \text{ см}^2$ и объемом 3,3 л. Осадкомеры расставлялись по радиусам в 3 ряда с центральным углом 3° , а расстояние между ними составляло от 1 до 5 м» [19] (рисунки 3.8, 3.9).

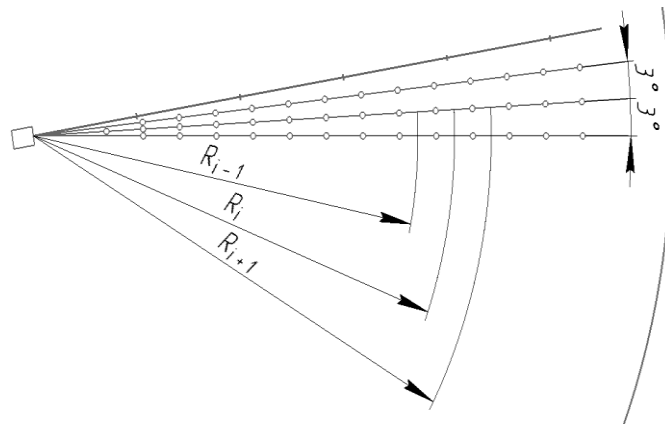


Рисунок 3.8 – Расстановки осадкомеров для оценки равномерности полива ДМ «Волга-СМ»

«Объём воды в осадкомерах замерялся мензуркой, время полива дождем и время опыта замерялись секундомером и часами» [19].



Рисунок 3.9 – Расстановка осадкомеров вдоль водопроводящего трубопровода дождевальной машины «Волга-СМ»

Для расчета коэффициента эффективного полива (характеристика равномерности полива) дождевальной машины необходимо построить частотный график распределения слоя осадков в определенной последовательности:

1. Устанавливали значения слоя осадков в i точке орошаемого участка:

$$h = \frac{10 \cdot V}{F}, \quad (3.7)$$

где: h – слой осадков; мм; V – объем воды в мерном сосуде, мл; F – входная площадь мерного сосуда, см².

2. Из массива данных слоя осадков определяли минимальную h_{min} и максимальную h_{max} величину и определяли значение интервала [103]:

$$J = \frac{h_{max} - h_{min}}{10...12}, \quad (3.8)$$

где 10...12 – оптимальное значение интервалов.

3. Для дождевальных машин, обеспечивающих полив по кругу, каждому осадкомеру соответствует своя площадь полива, которая увеличивается по мере удаления от неподвижной опоры. Расчёт площади кольца для i -го осадкомера (рисунок 3.8) определяли по формуле [103]:

$$S_i = \pi \cdot (R_{i+1}^2 - R_i^2) \cdot B^{-1}, \quad (3.9)$$

где: R_i, R_{i+1} – «расстояние от центра вращения машины до центра интервала между $i+1$ и i -ым осадкомером, м; B – количество рядов осадкомеров, шт.»

«Отношение площади i -го кольца к площади первого кольца обозначили коэффициентом площади дождемера» [19, 103] K_i :

$$K_i = S_i / S_1 \quad (3.10)$$

4. Заполняли данные во вспомогательной таблице 3.1 для расчёта коэффициентов эффективного, недостаточного и избыточного полива [103].

Таблица 3.1 – Вспомогательная таблица для определения коэффициентов эффективного, недостаточного и избыточного полива

Номер интервала	Интервал слоя осадков в мерном сосуде, мл	Повторность случаев, шт.	Параметры распределения
1	391-435	2	$K_{\text{эф.п.}} = 0,708$
2	435-479	4	$K_{\text{н.п.}} = 0,171$
3	479-523	3	$K_{\text{из.п.}} = 0,121$

5. «Частотный график распределения слоя» [103] осадков при поливе ДМ «Волга-СМ» строили по данным таблицы 3.1 (рисунок 3.10). На данном «графике определяли средний слой осадков и отклонение от него в пределах $0,75 h_c$ и $1,25 h_c$ (h_c (допуск $\pm 25\%$) – это соответствует площади эффективного полива $F_{\text{эф}}$)» [103].

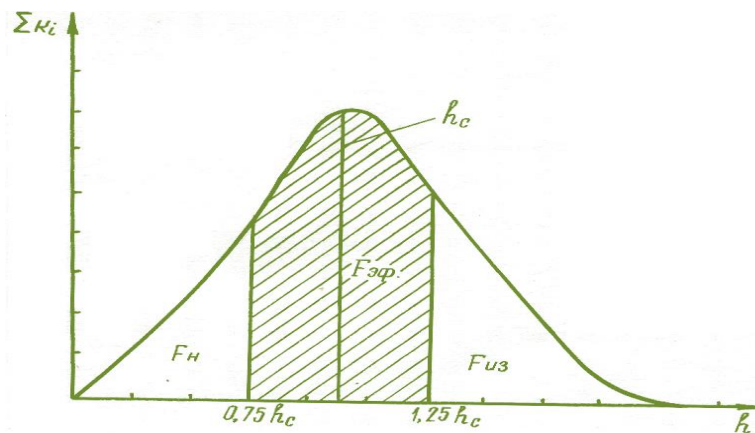


Рисунок 3.10 – Частотный график распределения слоя дождя вдоль дождевальной машины

Площадь недостаточного полива будет слева от неё – F_n , а площадь избыточного полива $F_{из}$ – справа. «Величину этих площадей определяли планометрированием данного графика. Отношение указанных площадей к общей площади, равной: $(F_{об} = F_{эф} + F_n + F_{из})$ дает соответствующие значения коэффициентов распределения дождя» [103].

Поливная норма дождевальной машины «Волга-СМ» в i точке орошаемого участка рассчитывалась как «средняя в зоне полива дождевального аппарата (насадки)» [103] по формуле:

$$m_p = \frac{6q \cdot R_T}{l \cdot n \cdot R_a} \quad (3.11)$$

где q – расход воды аппарата или дефлекторной насадки, л/с;

n – число циклов гидропривода последней опоры, ход/мин;

R_m, R_a – величина радиуса от центра вращения до последней опоры и до дефлекторной насадки, м;

l – расстояние передвижения опоры за 1 ход гидропривода, $l = 0,164$ м.

3.2.2 Определение технических характеристик дождевальной машины «Волга-СМ» и технико-экономических показателей ее работы

«Давление на входе в машину определяли по манометру. Скорость ветра в течение опыта замерялась ручным анемометром, который устанавливался на расстоянии 100-200 м от машины на высоте 2 м» [100].

«Расчётную норму полива» [100] ДМ «Волга-СМ» устанавливали, исходя из минимальной нормы машины конкретной модификации при максимальном числе переключений гидропривода последней опоры и фактическим числом переключений последней опоры [47] по зависимости:

$$m_T = 5,5 \cdot \frac{m_{min}}{n}, \quad (3.12)$$

где: m_{min} – норма полива [100] данной модификации машины при числе переключений гидропривода последней опоры 5,5 хода в минуту, мм; n – фактическое числом переключений последней опоры, ход/мин.

Потери оросительной воды на испарение и сноса ветром определяли по разности между расчётным и натуральным слоем осадков [103, 152] по зависимости:

$$E_{ис} = \frac{m_p - m_\phi}{m_\phi} \cdot 100\%, \quad (3.13)$$

где: m_p , m_ϕ – расчётный и натуральный слой осадков, мм.

«Фактический слой осадков определялся при помощи мерных сосудов и мензурки сразу после полива машиной» [100].

Норма полива до стока является важнейшим показателем работы дождевальных машин. Для её определения в зоне полива различных дефлекторных насадок устанавливали мерные сосуды и фиксировали объем воды в момент образования устойчивых луж на данном орошаемом участке.

Исследования по образованию глубины колеи после прохода ДМ «Волга-СМ» проводились в течение вегетационного периода после каждого полива машины. Глубина и ширина колеи определялась с использованием линейки (рисунок 3.11). Повторность замеров колеи была трехкратная и по их значениям определялась средняя величина.

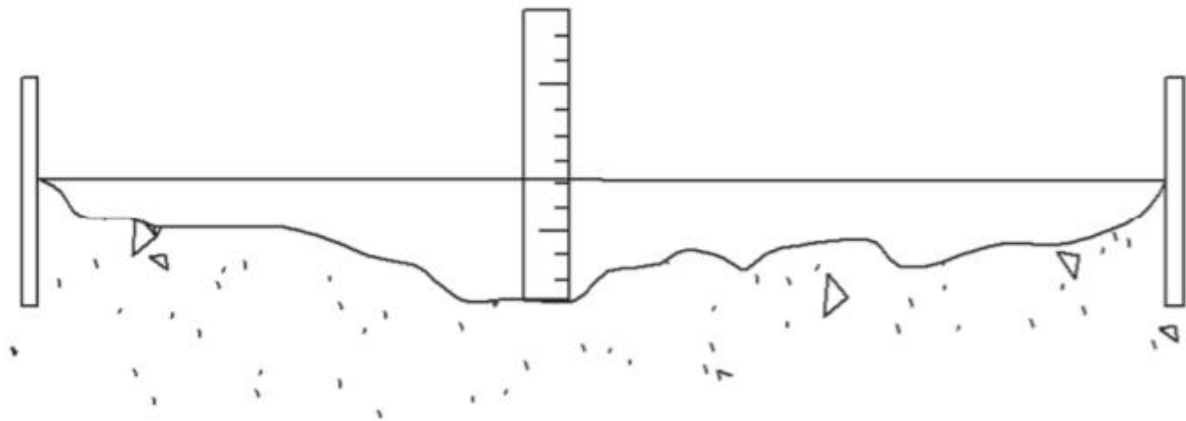


Рисунок 3.11 – Определение глубины и ширины колеи ДМ «Волга-СМ»

При проведении исследований по глубине колеи фиксировались вид поливаемых растений, направление ветра относительно трубопровода машины, норма полива машины и объем воды, попадаемый под колеса опорных тележек.

Величина влажности почвы показывает объём воды в определенном горизонте и её доступности растениям. Для её определения при помощи бура в слое 0-100 см через 10 см в трехкратной повторности производился забор почвы в бюксы. Бюксы предварительно должны быть вымыты, высушены и иметь нумерацию. Термовесовой способ [29] определения влажности почвы включает определение массы бюксы с влажной почвой и массу бюксы с сухой почвой. Для получения сухой почвы в бюксе её высушивали в специальном шкафу при температуре 105° С в течение не менее 5 часов. По разнице между массой бюксы с влажной и сухой почвой определяли массу воды в почве. Расчет влажности почвы проводился по формуле:

$$B = \frac{100 \cdot a}{\nu}, \quad (3.14)$$

где: B – полевая влажность почвы, %; a – масса воды, испарившейся из почвы, г; ν – масса сухой почвы, г.

Для изучения технико-экономических показателей работы машин «Волга-СМ» определялись следующие показатели [27]:

$$P_{\text{ч}} = \frac{3,6 \cdot Q_{\text{м}} \cdot K_{\text{и}}}{m \cdot (1 + 0,01 \cdot E_{\text{ис}})}, \quad (3.15)$$

где: $P_{\text{ч}}$ – «часовая производительность машины, га/ч; $Q_{\text{м}}$ – расход воды машины, л/с; m – норма полива, м³/га; $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования машины; $E_{\text{ис}}$ – потери воды на испарение и унос ветром, %» [103].

2. «Расход воды, подаваемый машиной, определялся, как сумма расходов дождеобразующих устройств ($Q_{\text{д}}$) и расхода воды на гидроприводы передвижных опор ($Q_{\text{г}}$)» [103]:

$$Q_{\text{м}} = Q_{\text{д}} + Q_{\text{г}}, \quad (3.16)$$

«Экономические показатели использования машин «Волга-СМ» определялись в соответствии с ГОСТ Р 53056 - 2008 и включали следующие характеристики» [24]:

1. Затраты труда на единицу выполняемого объема работ [27, 100] определяется делением числа операторов, эксплуатирующих машину, на производитель-

ность машины и коэффициент использования машины:

$$З = \frac{n}{\Pi_{\text{ч}} \cdot K_u}, \quad (3.17)$$

где n – количество человек, занятых на обслуживании 1 машины, чел.

2. Эксплуатационные издержки [27, 100] включают все затраты, связанные с эксплуатацией машин (трудовые, ремонтные, амортизационные, горюче-смазочные и др.):

$$И = З + А + Р + С + Х, \quad (3.18)$$

где: « $З$ – затраты труда на дождевальную машину, руб./га; $А$ – амортизационные отчисления, руб./га; $Р$ – отчисления на ремонт, руб./га; $С$ – стоимость горюче-смазочных материалов, руб./га; $Х$ – затраты на хранение машины, руб./га.» [100].

3.3 Методика обработки экспериментальных данных и определение статистических характеристик

«Для оценки достоверности экспериментальных данных применены методы математической статистики и теории случайных ошибок. Все экспериментальные значения параметров обрабатывались методами математической статистики» [29, 59, 154]. Параметры характеризовались:

Средней величиной распределения:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}, \quad (3.19)$$

где X_i – результат отдельного измерения; n – число измерений.

Дисперсией распределения [29]:

$$D = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}, \quad (3.20)$$

Среднеквадратичным отклонением [29]:

$$\sigma = D^{0.5}, \quad (3.21)$$

Коэффициентом вариации [29]:

$$KB = \frac{100 \cdot \sigma}{\bar{X}}, \quad (3.22)$$

Точностью опыта [29]:

$$P = \frac{100 \cdot \sigma}{\bar{X} \cdot n^{0.5}}, \quad (3.23)$$

«Для определения корреляционной и статистической зависимости между переменными X и Y проводили n-ое число парных наблюдений и вычисляли коэффициент парной корреляции. Коэффициенты регрессии определялись методом наименьших квадратов» [59, 100]:

$$(Y_i - Y_p)^2 = \min, \quad (3.24)$$

где: Y_i - фактическое значение зависимого показателя; Y_p - расчетные значения, найденные из уравнения регрессии.

Для определения коэффициентов линейного уравнения вида:

$$Y = Y - B_{xy} \cdot (X - X), \quad (3.25)$$

где: X, Y – средние арифметические для ряда замеров X, Y, используем формулу:

$$B_{xy} = \frac{\sum(X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}{\sum(X - \bar{X})^2} \quad (3.26)$$

«Данное уравнение было использовано для определения математической зависимости между коэффициентом совершенства конструкции аппарата и коэффициентом его расхода воды» [100].

Средняя относительная ошибка аппроксимации определялась по формуле:

$$e = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{Y_{phi i} - Y_{pi}}{Y_{pi}} \right| 100 \% \quad (3.27)$$

Остаточная дисперсия:

$$D_{ост}^2 = \sum (Y_{\phi} - Y_p)^2 / (N - V - 1), \quad (3.28)$$

где: V – количество факторов.

Оценка адекватности уравнения регрессии осуществлялась по критерию Фишера [59]:

$$F = D^2 / D_{ост}^2, \quad (3.29)$$

где: $D^2 = \sum (Y_i - Y)^2 / (N - 1)$ – общая дисперсия.

Коэффициент множественной корреляции [59]:

$$R_m = (1 - D_{\text{ост}}^2 / D^2)^{0,5} \quad (3.30)$$

Выводы

1. Разработана программа исследований, включающая лабораторно-полевые исследования многоопорной дождевальной машины с полиэтиленовым трубопроводом «Волга-СМ».

2. Разработана методика лабораторно-полевых испытаний многоопорной дождевальной машины с полиэтиленовым трубопроводом «Волга-СМ», которая позволит провести исследования и определить расходо-напорные характеристики машины, равномерности полива при изменяющейся ветровой нагрузке, качественных показателей полива, таких как интенсивность и крупность капель дождя, а также технические характеристики: производительность машины, площадь полива, энергоёмкость полива и др.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК
ДОЖДЕВАЛЬНЫХ И СЛИВНЫХ НАСАДОК. КАЧЕСТВЕННЫЕ
ПОКАЗАТЕЛИ ПОЛИВА ДМ «ВОЛГА-СМ»

4.1 Расход воды и радиус захвата дождем дождевальной насадкой
с заданным углом полива

«При определении расхода воды фиксировались следующие характеристики дождевальной насадки: диаметр сопла, напор на входе струи, объем воды в мерном баке, время заполнения бака» [103].

«Отбор воды производился специальным приспособлением (рисунок 3.2). Данные замеров и результаты математической обработки приведены в таблице 4.1. Исследованиями установлено, что при увеличении диаметра насадки с 3 до 10 мм и напора с 10 до 30 м вод. ст., расход воды увеличивается с 0,086 до 1,659 л/с» [103].

Таблица 4.1 – Расход воды модернизированными дождевальными насадками ДМ «Волга-СМ»

Диаметр насадки, мм	Напор перед насадкой, м вод. ст.	Объем воды в баке, л	Время заполнения бака, с	Расход воды насадки q_n , л/с	Коэффициент расхода, μ
3,0	10	50	581	0,086	0,869
3,0	20	49	401	0,122	0,871
3,0	30	49	326	0,15	0,875
4,0	10	49	322	0,152	0,863
4,0	20	50	231	0,216	0,868
4,0	30	50	217	0,23	0,754
5,0	10	49	205	0,239	0,869
5,0	20	48	141	0,339	0,872
5,0	30	49	118	0,415	0,871
6,0	10	49	142	0,344	0,869
6,0	20	49	100	0,487	0,869
6,0	30	50	83	0,598	0,872
7,0	10	49	104	0,469	0,870
7,0	20	48	72	0,665	0,872
7,0	30	49	60	0,813	0,871
8,0	10	50	81	0,613	0,871

Продолжение таблицы 4.1

Диаметр насадки, мм	Напор перед насадкой, м вод. ст.	Объем воды в баке, л	Время заполнения бака, с	Расход воды насадки q_n , л/с	Коэффициент расхода, μ
8,0	20	49	56	0,867	0,871
8,0	30	48	45	1,062	0,871
9,0	10	50	64	0,777	0,872
9,0	20	49	44	1,098	0,871
9,0	30	48	36	1,344	0,871
10,0	10	48	50	0,958	0,871
10,0	20	47	34	1,356	0,872
10,0	30	46	27	1,659	0,871
				Среднее	0,87

Среднее значение коэффициента расхода воды для дождевальных насадок равно – 0,870. Уравнение для расчета расхода воды дождевальной насадок имеет вид:

$$q = \frac{\mu \cdot D^2 (H)^{0.5}}{287.595} = \frac{D^2 \cdot H^{0.5}}{330} \quad (4.1)$$

В результате установлено, что расход воды модернизированными дождевальными насадками с заданным углом полива соответствует стандартной дефлекторной насадке для ДМ «Фрегат».

Результаты лабораторных исследований дождевальных насадок с клином на ножке шириной 11 мм показывают, что угол полива составляет порядка 270-280° (рисунок 3.7 б).

Радиус захвата дождем в зависимости от диаметра сопла и напора перед насадкой при высоте ее установки 2,0 м над поверхностью поля показан на рисунке 4.1 и в таблице 4.2. Максимальный радиус захвата дождем дефлекторной насадки при изменении диаметра сопла от 3 до 10 мм при напоре 30 м вод. ст. изменяется от 2,9 до 8,4 м, а при сходе с клина увеличивается в среднем на 0,4-0,5 м.

В результате обработки экспериментальных данных, представленных в таблице 4.2, получено уравнение для определения радиуса захвата дождем R модернизированной дождевальной насадки, установленной на высоте 2,0 м от поверхности почвы:

$$R = H / (0,728 + H/D 0,942), \quad (4.2)$$

где H – напор, м вод. ст.; D – диаметр сопла, мм.

Коэффициент парной корреляции данного уравнения равен 0,87.

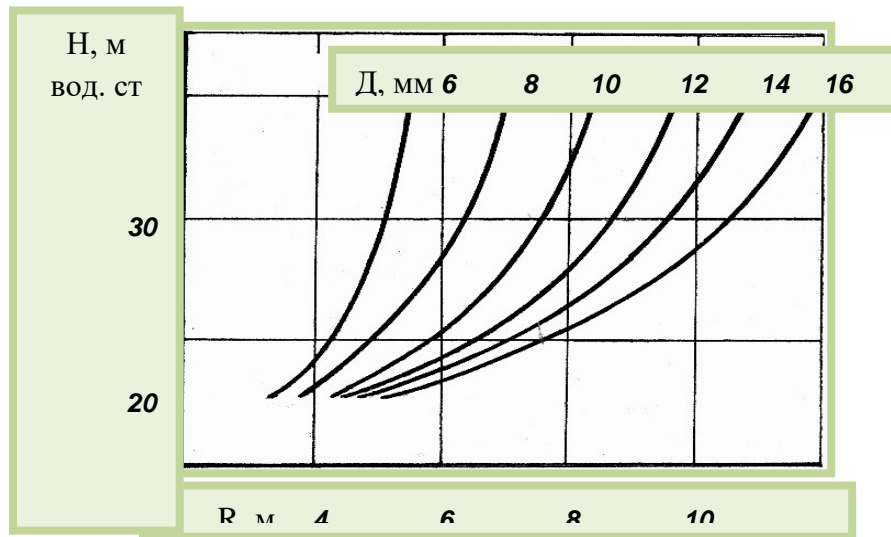


Рисунок 4.1 – Радиус захвата дождем R модернизированной дождевальной насадки в зависимости от диаметра сопла D и напора перед насадкой H при высоте установки 2,0 м

Таблица 4.2 – Радиус захвата дождем модернизированными дождевальными насадками ДМ «Волга-СМ»

Диаметр насадки, мм	Напор перед насадкой, м.вод.ст,	Радиус захвата дождем	Радиус захвата дождем при сходе с клина, м
3,0	10	2,5	2,9
3,0	20	2,8	3,3
3,0	30	2,9	3,4
5,0	10	3,8	4,2
5,0	20	4,4	4,9
5,0	30	4,7	5,3
6,0	10	4,3	4,8
6,0	20	5,2	5,7
6,0	30	5,5	6
8,0	10	5,2	5,7
8,0	20	6,5	7
8,0	30	7	7,5
10,0	10	6	6,4
10,0	20	7,6	8,1
10,0	30	8,4	8,9

4.2 Радиус полива сливной насадки гидропривода дождевальнoй машины

Согласно теоретическим расчетам для устойчивой работы гидропривода, время опускания гидроцилиндра должно быть порядка 4,5-5 сек, а диаметр сливной насадки должен быть 16 мм.

Исследования изменения радиуса полива сливной насадки при высоте установки 1,1 м от поверхности почвы в зависимости от напора перед насадкой показаны на рисунке 4.2 и приведены в таблице 4.3.

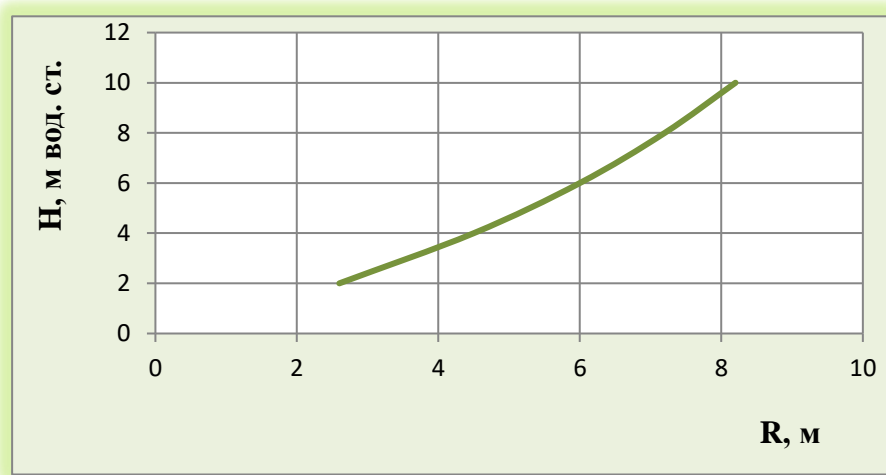


Рисунок 4.2 – Изменение радиуса захвата дождем сливной насадки в зависимости от напора

Таблица 4.3 – Радиус захвата дождем сливной насадки с диаметром сопла 16 мм в зависимости от напора при высоте установки 1 м

Напор перед насадкой, м вод. ст.	2	4	6	8	10
Радиус захвата дождем, м	2,6	4,5	6,0	7,2	8,2

Уравнения для расчета радиуса захвата дождем имеет вид:

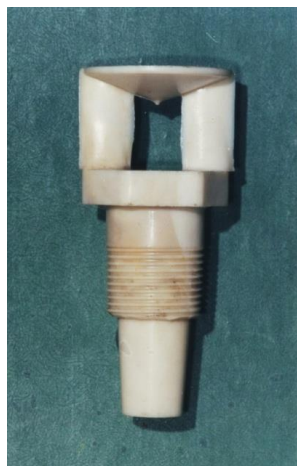
$$R = \frac{H}{0,65 + 0,9 \frac{H}{D}}, \quad (4.3)$$

где H – напор перед сливной насадкой, м вод. ст. ($H = 2-10$ м вод. ст.); D – диаметр сопла, мм.

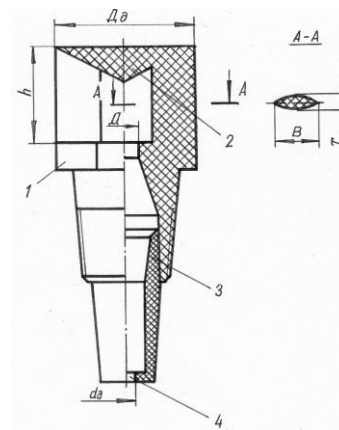
Полевые замеры работы сливной насадки на ДМ «Волга-СМ» показывают, что радиус захвата дождем составил в среднем 4,5 м. Это обеспечивает достаточное удаление оросительной воды от колеи колес и будет способствовать повышению проходимости тележек.

4.3 Степень перекрытия струй R / ℓ дождевальных насадок, смонтированных по учащенной схеме на ДМ Волга-СМ и по стандартной схеме на ДМ Фрегат

В качестве дождевателей на машине были установлены дефлекторные насадки кругового полива, изготовленные из полимерного материала (рисунок 4.3 а, б), которые обеспечили качественное распыление дождя в большом диапазоне расхода воды (0,1-3,8 л/с).



а



б

Рисунок 4.3 (а, б) – Дефлекторная насадка кругового действия из полимерного материала (конструкции «ВолжНИИГиМ»)

Дефлекторные насадки устанавливались на трубопроводе машины в муфты, расстояние между которыми составляло 5 и 6 метров для коротких и длинных пролетов. Дефлекторные насадки просты по конструкции и намного дешевле ме-

таллических дождевателей.

Карта настройки дождевателей, установленных на стальном и полиэтиленовом трубопроводе машины, приведена в Таблице А.1 Приложения А.

Исследования показали, что радиус полива модернизированных дождевальных насадок при увеличении диаметра сопла на 12 опорной ДМ «Волга-СМ» с 3 до 9 мм и давлении 0,19-0,25 МПа увеличивается с 3 до 7,5 м и находится на уровне стандартных дефлекторных насадок. Отношение радиуса полива (R) к расстоянию между насадками (ℓ) изменяется вдоль трубопровода машины (R/ℓ) от 0,5 до 1,25, что выше, чем при расстановке в стандартные штуцера 0,37-0,87, что обеспечит хорошую равномерность полива машины (таблица 4.4, рисунок 4.4).

Таблица 4.4 – Величина перекрытия струй R / ℓ дождевальных насадок, смонтированных по учащенной схеме на ДМ «Волга-СМ» и по стандартной схеме на ДМ «Фрегат»

№ пролета	Величина перекрытия струй R / ℓ дождевальных насадок	
	ДМ «Волга-СМ»	ДМ «Фрегат»
1	0,583	0,583
2	0,490	0,377
3	0,732	0,544
4	0,761	0,567
5	0,934	0,703
6	1,035	0,765
7	1,104	0,816
8	1,167	0,855
9	1,102	0,809
10	1,159	0,796
11	1,209	0,860
12	1,257	0,872

Радиус полива разбрызгивающей насадки сливной системы гидропривода с углом отражательной пластины 30° определяется давлением под гидроцилиндром 0,1-0,2 МПа и находится в пределах 3-4,5 м. Это обеспечивает не попадание воды из гидроцилиндра в колею и будет способствовать снижению глубины колеи и повышению проходимости машины.

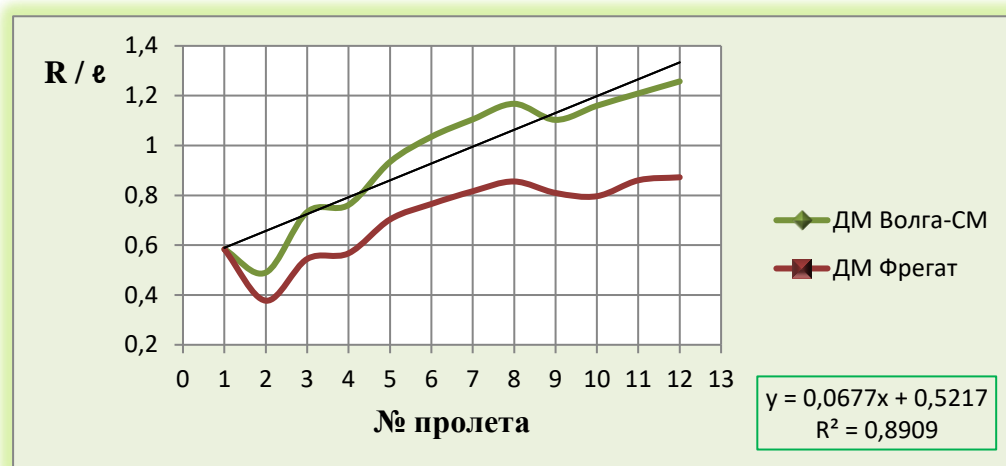


Рисунок 4.4 – Величина перекрытия струй R / ℓ дождевальных насадок смонтированных по учащенной схеме на ДМ Волга-СМ и по стандартной схеме на ДМ Фрегат

4.4 Изменение мгновенной и средней интенсивности дождя вдоль трубопровода ДМ «Волга-СМ»

Исследования показали, что при учащенной расстановке дождевальных насадок вдоль трубопровода ДМ «Волга-СМ» средняя мгновенная интенсивность дождя ниже на 24,5 %, чем у ДМ «Фрегат» при установке насадок в стандартные штуцера (рисунок 4.5, таблица 4.5).

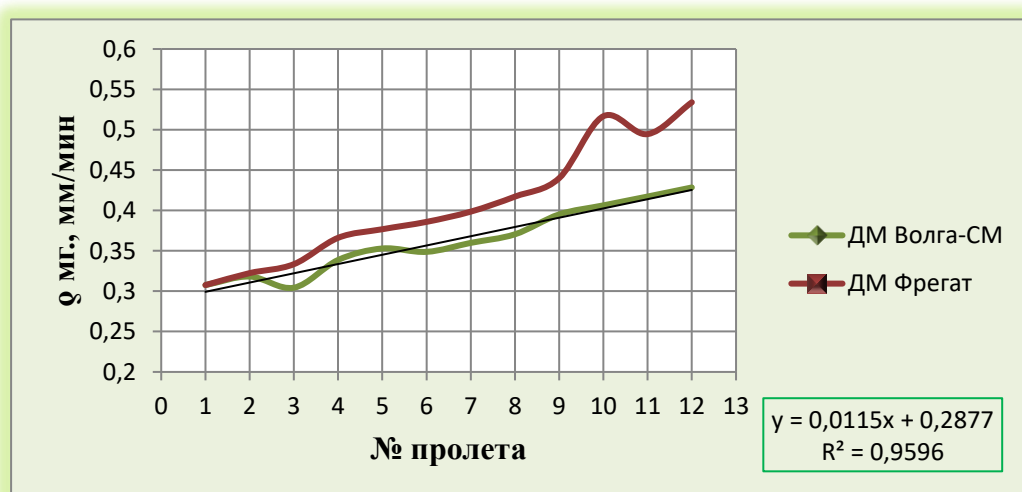


Рисунок 4.5 – Изменение мгновенной интенсивности дождя по фронту захвата дождем ДМ "Волга-СМ" и «Фрегат»

Таблица 4.5 – Сравнительный анализ изменения мгновенной и средней интенсивности дождя вдоль трубопровода ДМ "Волга-СМ" и ДМ «Фрегат»

№ пролета	Мгновенная интенсивность дождя $q_{\text{мг}}$, мм/мин		Средняя интенсивность дождя $q_{\text{ср}}$, мм/мин	
	ДМ «Волга-СМ»	ДМ «Фрегат»	ДМ «Волга-СМ»	ДМ «Фрегат»
1	0,307	0,307	0,309	0,309
2	0,318	0,322	0,318	0,322
3	0,304	0,333	0,329	0,324
4	0,338	0,366	0,34	0,326
5	0,352	0,376	0,415	0,398
6	0,348	0,385	0,49	0,47
7	0,359	0,398	0,528	0,5
8	0,370	0,417	0,566	0,529
9	0,395	0,440	0,604	0,559
10	0,406	0,516	0,656	0,616
11	0,417	0,494	0,708	0,673
12	0,428	0,533	0,76	0,73

Установка дождевальных насадок на ДМ «Волга-СМ» в районе тележек на открылках длиной 2,2 м обеспечивает среднюю интенсивность дождя вдоль трубопровода в пределах 0,3-0,73 мм/мин, что соответствует уровню серийной ДМ «Фрегат» (рисунок 4.6).

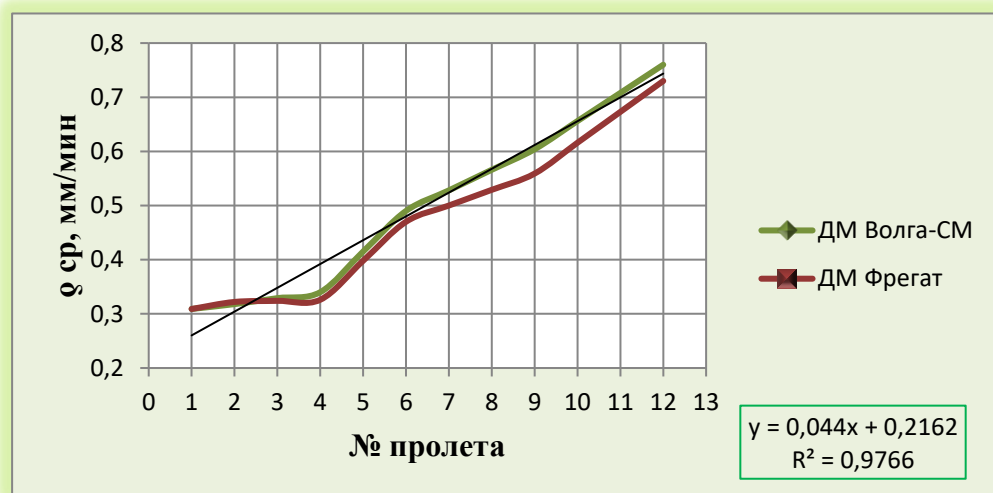


Рисунок 4.6 – Изменение средней интенсивности дождя по фронту захвата дождем ДМ "Волга-СМ" и «Фрегат»

Снижение мгновенной и средней интенсивности дождя будет способствовать более равномерному увлажнению почвы, уменьшению ее уплотнения, стоков, эрозии.

4.5 Распределение среднего диаметра капель дождя по фронту полива ДМ «Волга-СМ»

Исследования показали, что применение на 12-опорной ДМ «Волга-СМ» дождевальных насадок при учащенной расстановке снижает средний диаметр капель до 0,37-0,69 мм (таблица 4.6, рисунок 4.7), что меньше в 1,26-1,34 раза в концевой части трубопровода, чем у стандартных насадок ДМ «Фрегат» (0,37-0,87 мм).

Таблица 4.6 – Сравнительный анализ изменения диаметра капель дождя по фронту полива ДМ «Волга-СМ» и ДМ «Фрегат»

№ пролета	Средний диаметр капель дождя $d_{ср}$, мм	
	ДМ «Волга-СМ»	ДМ «Фрегат»
1	0,370	0,370
2	0,357	0,431
3	0,468	0,499
4	0,487	0,560
5	0,458	0,527
6	0,566	0,604
7	0,588	0,609
8	0,614	0,691
9	0,634	0,676
10	0,650	0,875
11	0,670	0,809
12	0,690	0,876

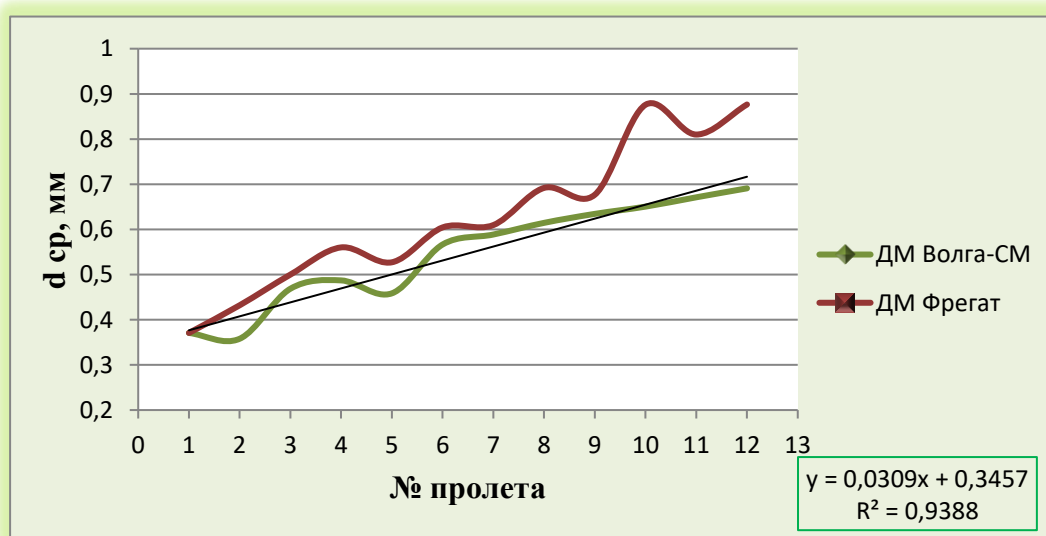


Рисунок 4.7 – Изменение среднего диаметра капель дождя по фронту полива ДМ «Волга-СМ» и ДМ «Фрегат»

4.6 Изменение удельной мгновенной мощности дождя по фронту полива ДМ «Волга-СМ»

Удельная мгновенная мощность дождя является основной характеристикой (согласно Г.И. Швевса, Г. Гудзона, А.М. Абрамова и др.), влияющей на разрушение почвы, сток и её эрозию и характеризуется следующей зависимостью:

$$N_{mg} = 0,14 \cdot d_{cp} \cdot q_{mg}, \quad (4.4)$$

где: d_{cp} – средний диаметр капель дождя, мм; q_{mg} – мгновенная интенсивность дождя, мм/мин

Изменение удельной мгновенной мощности дождя по фронту полива ДМ «Волга-СМ» и ДМ «Фрегат» представлены в таблице 4.7 и на рисунке 4.8.

Таблица 4.7 – Сравнительный анализ изменения удельной мгновенной мощности дождя по фронту полива ДМ «Волга-СМ» и ДМ «Фрегат»

№ пролета	Удельная мгновенная мощность дождя N_{mg} , Вт/м ²	
	ДМ «Волга-СМ»	ДМ «Фрегат»
20	0,016	0,016
50	0,015	0,019
75	0,021	0,022
105	0,023	0,025
130	0,026	0,029
155	0,038	0,039
180	0,043	0,042
205	0,048	0,051
235	0,053	0,052
265	0,059	0,075
295	0,066	0,076
320	0,073	0,089

Исследования показали, что удельной мгновенной мощности дождя ДМ «Волга-СМ» в конце трубопровода в 1,22-1,27 раз меньше по сравнению с серийной ДМ «Фрегат», что снизит энергетическое воздействие на почву, уменьшит её разрушение и позволит увеличить норму полива до стока.

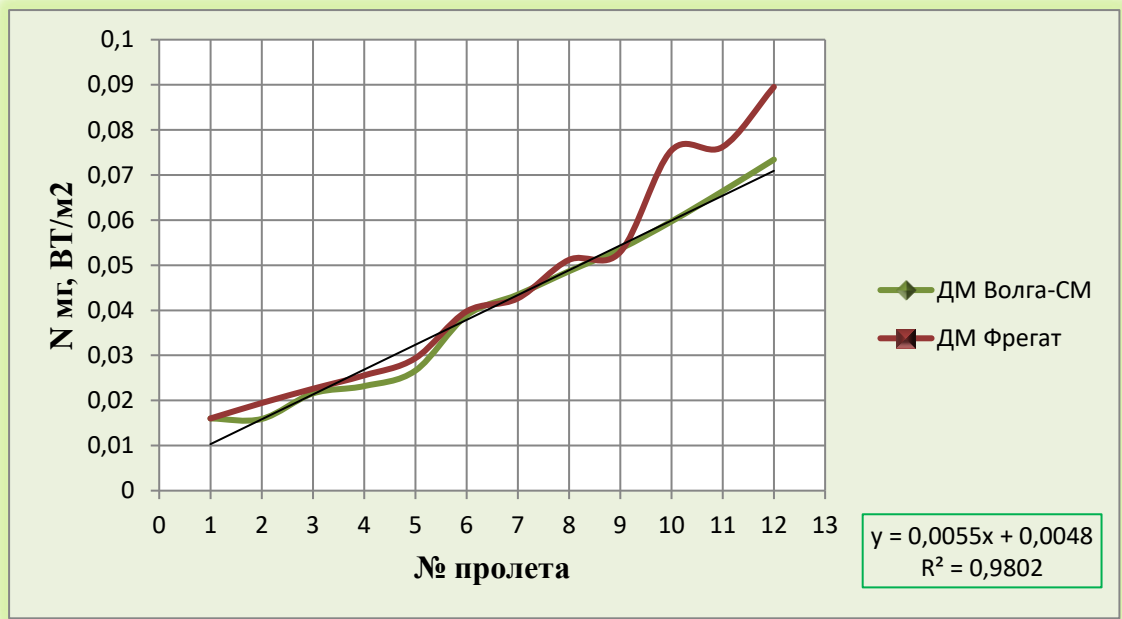


Рисунок 4.8 – Изменение удельной мгновенной мощности дождя по фронту полива ДМ «Волга-СМ» и ДМ «Фрегат»

Выводы

1. Радиус полива модернизированных дождевальных насадок при увеличении диаметра сопла на 12 опорной ДМ «Волга-СМ» с 3 до 9 мм и давлении 0,19-0,25 МПа увеличивается с 3 до 7,5 м и находится на уровне стандартных дефлекторных насадок. Отношение радиуса полива (R) к расстоянию между насадками (ℓ) изменяется вдоль трубопровода машины (R/ℓ) от 0,5 до 1,25 это выше, чем при расстановке в стандартные штуцера 0,37-0,87, что обеспечит хорошую равномерность полива машины.

2. Радиус полива разбрызгивающей насадки сливной системы гидропривода с углом отражательной пластины 30° определяется давлением под гидроцилиндром 0,1-0,2 МПа и находится в пределах 3-4,5 м. Это исключит попадание воды из гидроцилиндра в колею и будет способствовать снижению глубины колеи и повышению проходимости машины.

3. Средняя мгновенная интенсивность дождя ДМ «Волга-СМ» с дефлекторными насадками при учащенной расстановке ниже на 24,5%, чем у ДМ «Фрегат» при установке насадок в стандартные штуцера и в 4-4,5 раза меньше, чем у сред-

неструйных аппаратов ДМ «Фрегат». Установка дождевальных насадок на ДМ «Волга-СМ» в районе тележек на открылках длиной 2,2 м обеспечивает среднюю интенсивность дождя вдоль трубопровода в пределах 0,3-0,73 мм/мин, и соответствует уровню серийной ДМ «Фрегат»

4. Средний диаметр капель дождя дождевальных насадок для 12-опорной ДМ «Волга-СМ» составляет 0,37-0,69 мм, это меньше в 1,26-1,34 раза в концевой части трубопровода, чем у стандартных насадок ДМ «Фрегат» (0,37-0,87 мм). Удельная мгновенная мощность дождя ДМ «Волга-СМ» в конце трубопровода в 1,22-1,27 раз меньше по сравнению с серийной ДМ «Фрегат», что снизит энергетическое воздействие дождя на почву.

5. Приведенные на рисунках 4.4-4.8 математические зависимости и значения коэффициентов детерминации говорят о значительной взаимосвязи сопоставляемых параметров в различных модификациях ДМ «Волга-СМ», что весьма успешно может быть использовано на практике и в теоретических расчетах.

5 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МНОГООПОРНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ «ВОЛГА-СМ» С ПОЛИЭТИЛЕНОВЫМ ТРУБОПРОВОДОМ

5.1 Расход воды ДМ «Волга-СМ» в зависимости от напора на входе машины и возможность его регулирования

Экспериментальный образец дождевальной машины «Волга-СМ» длиной 328 м включает 12 тележек. Карта настройки дефлекторных насадок и замер расхода воды при давлении на входе в машину $P_{вх} = 4$ атм приведены в приложении А таблице А.1. Суммарный расход воды по всем насадкам равен 50 л/с.

Дождевальная машина «Волга-СМ» с расходом воды 50 л/с при давлении на входе 0,4 МПа (напор 40 м в. ст.) обеспечит на 33 % экономии электроэнергии на полив в сравнении с ДМ «Фрегат» аналогичной длины. При изменении напора на входе от 35 до 45 м вод. ст. расход воды изменяется от 46 до 53 л/с (рисунок 5.1, таблица 5.1).

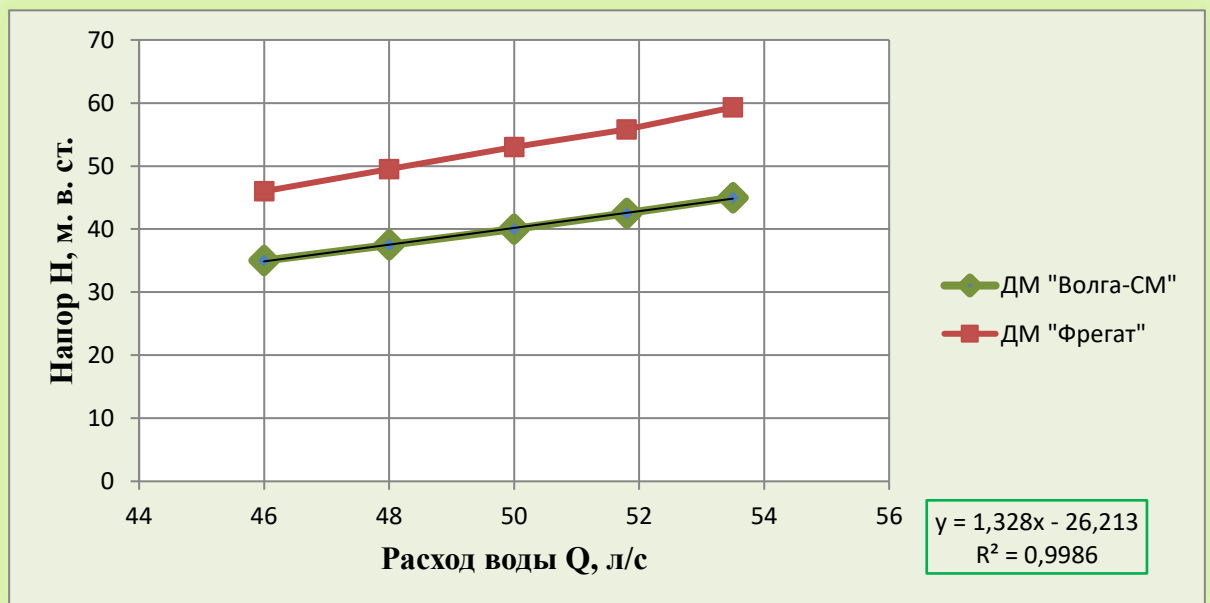


Рисунок 5.1 – Зависимость расхода ДМ «Волга-СМ» и «Фрегат» в зависимости от напора на входе в машину

Таблица 5.1 – Зависимость расхода воды ДМ «Волга-СМ» от напора на входе в машину в сравнении с ДМ «Фрегат»

Расход, л/с	Напор на входе в машину, м вод. ст.	
	ДМ "Волга-СМ"	ДМ "Фрегат"
46	35	46
48	37,5	49,5
50	40	53
51,8	42,5	55,8
53,5	45	59,3

Для серийной ДМ «Фрегат» при этом необходим напор в пределах 46-59,3 м вод. ст.

На основании этого расход воды будет вычисляться по следующим зависимостям:

$$\text{Для ДМ "Волга-СМ":} \quad Q = 4,62 \cdot H^{0,6} \quad (5.1)$$

$$\text{Для ДМ "Фрегат":} \quad Q = 5,46 \cdot H^{0,6} \quad (5.2)$$

Зависимость цикличности гидропривода ДМ "Волга-СМ" от напора на входе в машину

Исследования показали, что цикличность гидропривода последней тележки ДМ «Волга-СМ» зависит от давления в трубопроводе последней тележки и соответствует серийной ДМ «Фрегат» аналогичной длины (таблица 5.2, рисунок. 5.2).

Таблица 5.2 – Зависимость цикличности гидропривода ДМ "Волга-СМ" от напора на входе в машину

Напор на входе в ДМ «Волга-СМ», м вод. ст.	Цикличность гидропривода, ход/мин
30	4,9
35	5,18
40	5,42
45	5,63
50	5,8

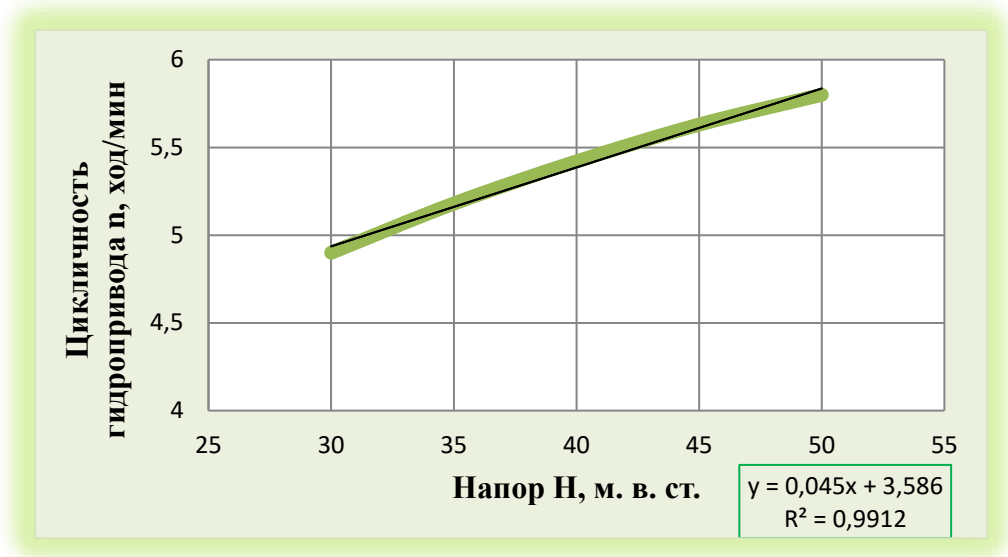


Рисунок 5.2 – Зависимость цикличности гидропривода ДМ "Волга-СМ" от напора на входе в машину

«Дождевальная машина «Волга-СМ» обеспечит цикличность гидропривода последней тележки 5,2 ход/мин при давлении 0,35 МПа в трубопроводе перед ней, а также – требуемые скорость движения и время оборота машины, как и серийная ДМ «Фрегат»» [103].

5.2 Равномерность полива дождевальной машины «Волга-СМ»

5.2.1 Опыт № 1

Во время первого опыта фиксировались следующие параметры:

1. Давление на входе в машину (изменялся в пределах – 0,4-0,42 МПа).
2. Число ходов гидропривода последней опорной тележки:

1 цикл гидропривод выполнено за $t_{ц} = 40$ сек; за 1 минуту гидроцилиндр делал $n = 60/t = 60/40 = 1,5$ ход/мин. Расчетная норма полива – 638 м³/га.

Расчётная скорость движения последней опоры составила:

$$V_{т} = 0,164 * 1,5 = 0,246 \text{ м/мин.}$$

3. Реальная скорость движения последней опоры машины устанавливалась по времени прохождения расстояния 20 м. Среднее время составило 80 мин. Это соответствует фактической средней скорости тележки:

$$V_{\phi} = 20/80 = 0,245 \text{ м/мин.}$$

Расчётная и реальная скорости движения опор имеют близкие значения.

Значения распределения слоя дождя в мерных сосудах по фронту полива машины приведены в таблице А.3 приложения А и показаны на рисунке 5.3.

Обработкой опытных данных установлено, что:

- коэффициент эффективного полива составил 0,672;
- коэффициент недостаточного полива – 0,127;
- коэффициент избыточного полива – 0,202.

Данные для частотного графика приведены в таблице 5.3 и показаны на рисунке 5.4.

Таблица 5.3 – Число случаев распределения слоя осадков в мерных сосудах на ДМ «Волга-СМ» в ОПХ «ВолжНИИГиМ», опыт № 1

Номер интервала	Интервал слоя осадков в мерном сосуде, мл	Повторность случаев, шт.	Параметры распределения
1	530-725	5	$V_{\min} = 530$ мл
2	725-920	11	$V_{\max} = 2480$ мл
3	920-1115	32	$V_{\text{ср.}} = 1435$ мл
4	1115-1310	49	$0,75V_{\text{ср.}} = 1076,2$ мл
5	1310-1505	53	$1,25V_{\text{ср.}} = 1793,7$ мл
6	1505-1700	25	
7	1700-1895	24	
8	1895-2090	13	$K_{\text{эф.п.}} = 0,672$
9	2090-2285	14	$K_{\text{н.п.}} = 0,127$
10	2285-2480	5	$K_{\text{из.п.}} = 0,202$

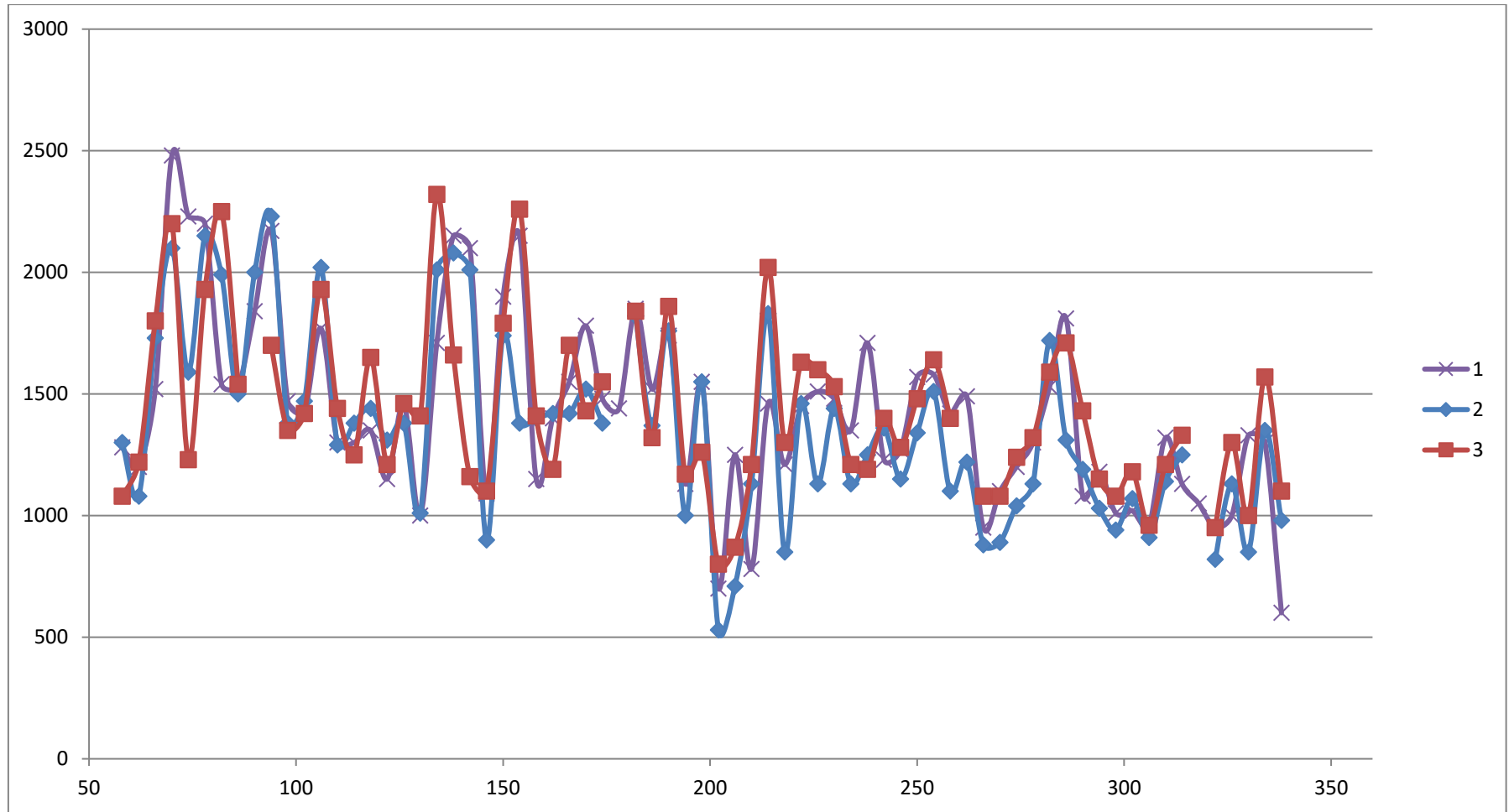


Рисунок 5.3 – Распределение слоя осадков по фронту полива ДМ «Волга-СМ», опыт № 1 (1, 2 и 3-й ряд мерных сосудов без концевых аппаратов и подлива из гидропривода)

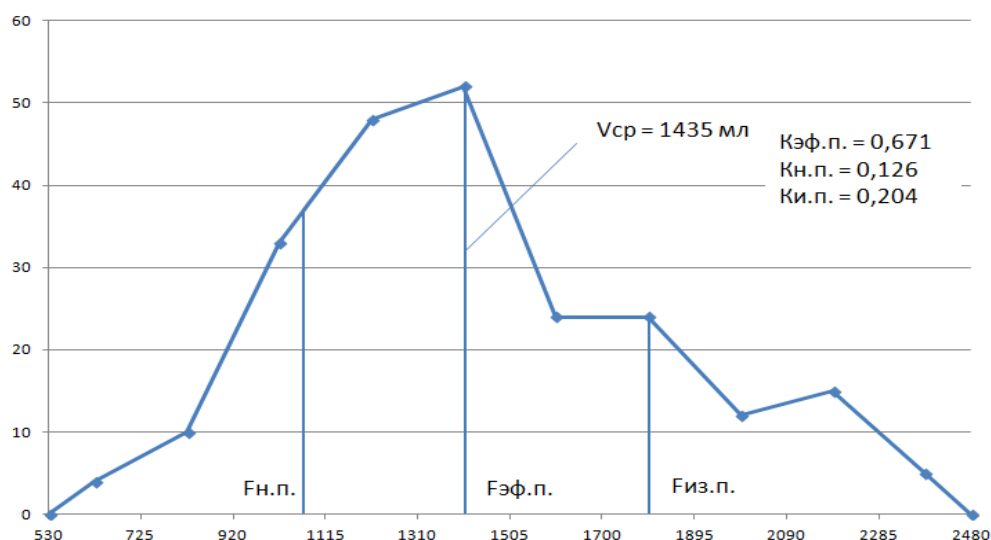


Рисунок 5.4 – График распределения слоя осадков в мерных сосудах после прохода ДМ «Волга-СМ» в ОПХ «ВолжНИИГиМ», опыт № 1

5.2.2 Опыт № 2

Перед вторым опытом на отдельных тележках машины установили дополнительные сливные насадки гидропривода, а в начале машины – дефлекторные насадки с соплами меньшего диаметра.

Диаметр дефлекторных насадок № 1 и № 2 уменьшен с 4,0 до 2,2 мм, расход воды при этом уменьшился с 0,37 до 0,11 л/с (приложение А, таблица А2).

Диаметр дефлекторных насадок с № 3 по № 7 уменьшен с 4,0 до 3,2 мм, расход воды при этом уменьшился с 0,35-0,39 до 0,23 л/с.

Суммарный расход воды дефлекторных насадок на машине уменьшился незначительно (на 1,2 л/с) и составил 45,8 л/с. При увеличении числа ходов гидропривода последней опоры (с 1,5 до 4 ход/мин и повышения расхода на гидропривод с 1,1 до 2,9 л/с) расход воды машины составил 50,3 л/с и близок к расчетному.

Время одного цикла гидроцилиндра последней опоры машины – 14,8 сек., кратность хода опоры составила: $60/14,8 = 4,05$ ход/мин. Норма полива во время второго опыта составила 220 м³/га. Значения объема воды в дождемерах приведены в таблице А.4 приложения А и показаны на рисунке 5.5.

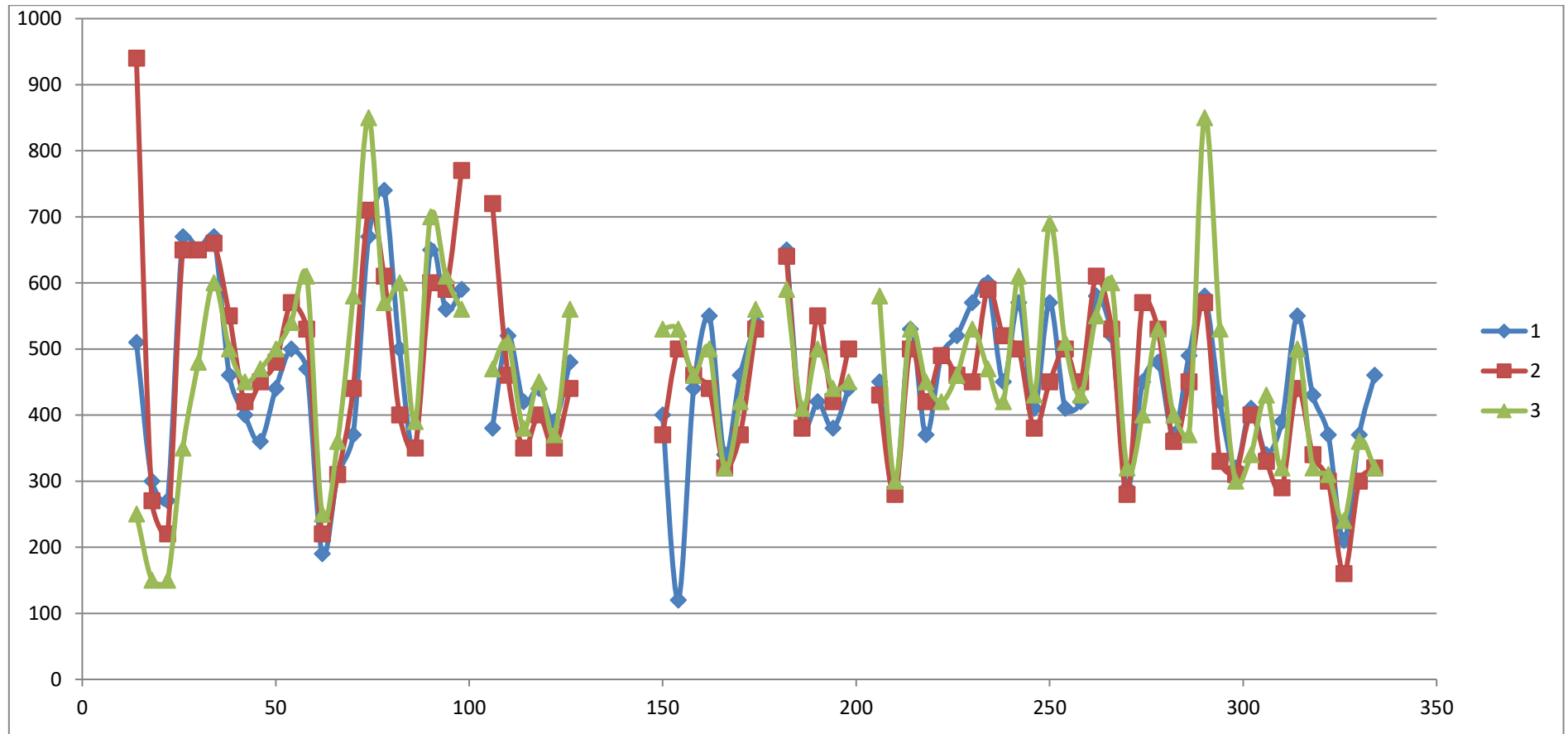


Рисунок 5.5 – Распределение слоя осадков по фронту полива ДМ «Волга-СМ», опыт № 2 (1, 2, 3-й ряд мерных сосудов)

Расчётами установлено, что коэффициент эффективного полива составил 0,62 (таблица 5.4, рисунок 5.6).

Таблица 5.4 – Число случаев распределения слоя осадков в мерных сосудах на ДМ «Волга-СМ» в ОПХ «ВолжНИИГиМ», опыт № 2

Номер интервала	Интервал слоя осадков в мерном сосуде, мл	Повторность случаев, шт.	Параметры распределения
1	121-203	5	$V_{\min} = 120$ мл
2	203-285	12	$V_{\max} = 940$ мл
3	285-367	35	$V_{\text{ср.}} = 464$ мл
4	367-449	55	$0,75V_{\text{ср.}} = 348$ мл
5	449-531	57	$1,25V_{\text{ср.}} = 580$ мл
6	531-613	44	
7	613-695	12	
8	695-777	7	$K_{\text{эф.п.}} = 0,621$
9	777-859	3	$K_{\text{н.п.}} = 0,173$
10	859-941	1	$K_{\text{из.п.}} = 0,206$

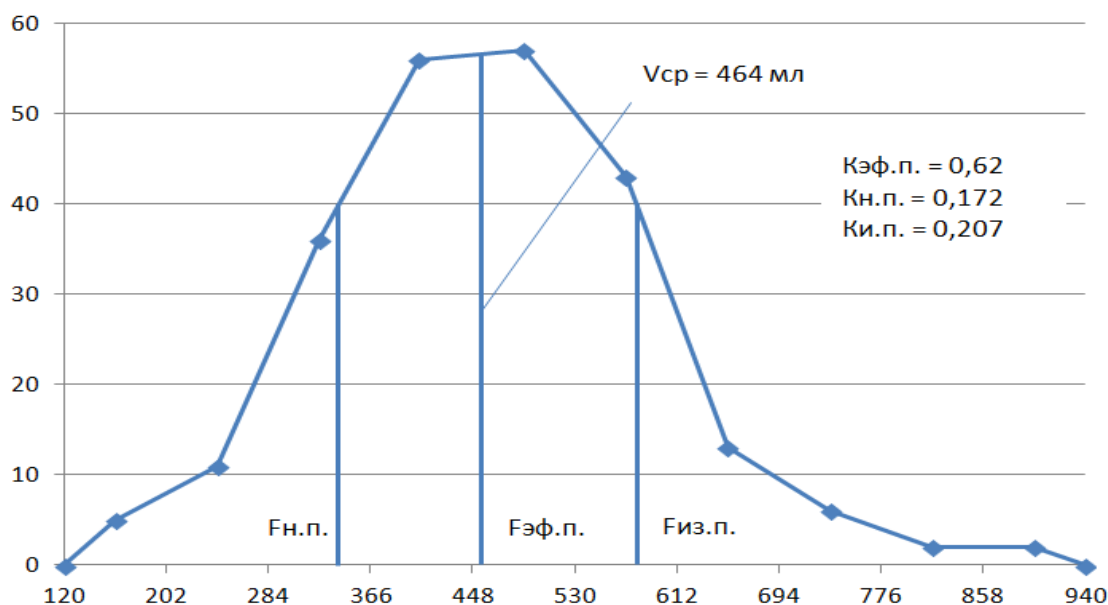


Рисунок 5.6 – График распределения слоя осадков в мерных сосудах по фронту полива ДМ «Волга-СМ» в ОПХ «ВолжНИИГиМ», опыт № 2

5.2.3 Опыт № 3

Норма полива во время третьего опыта составила 348 м³/га.

Время одного подъёма и опускания гидроцилиндра последней опоры машины составило 23 секунды, цикличность гидропривода равна: $60/23=2,6$ ход/мин.

При увеличении цикличности гидроцилиндра последней опоры с 1,5 до 2,6 ход/мин и повышения расхода воды машины на гидропривод с 1,1 до 1,9 л/с общий расход воды машины составил 49,3 л/с, т. е. близок к расчетному.

Третий опыт проходил при изменяющейся ветровой нагрузке. Первый ряд дождемеров – при небольшой скорости ветра (до 1 м/с).

Распределение дождя вдоль трубопровода дождевальная машины приведено в таблице А.5 приложения А и показано на рисунке 5.7.

Равномерность полива в опыте №3 высокая и находится на уровне 0,708 (таблица 5.5, приложение Г, рисунок 5.8).

Таблица 5.5 – Число случаев распределения слоя осадков в мерных сосудах на ДМ «Волга-СМ» в ОПХ «ВолжНИИГиМ», опыт № 3

Номер интервала	Интервал слоя осадков в мерном сосуде, мл	Повторность случаев, шт.	Параметры распределения
1	391-435	2	$V_{\min}= 391$ мл
2	435-479	4	$V_{\max}= 831$ мл
3	479-523	3	$V_{\text{ср.}}= 611$ мл
4	523-567	4	
5	567-611	6	
6	611-655	11	
7	655-699	4	
8	699-743	4	$K_{\text{эф.п.}}= 0,708$
9	743-787	3	$K_{\text{н.п.}}= 0,171$
10	787-831	3	$K_{\text{из.п.}}= 0,121$

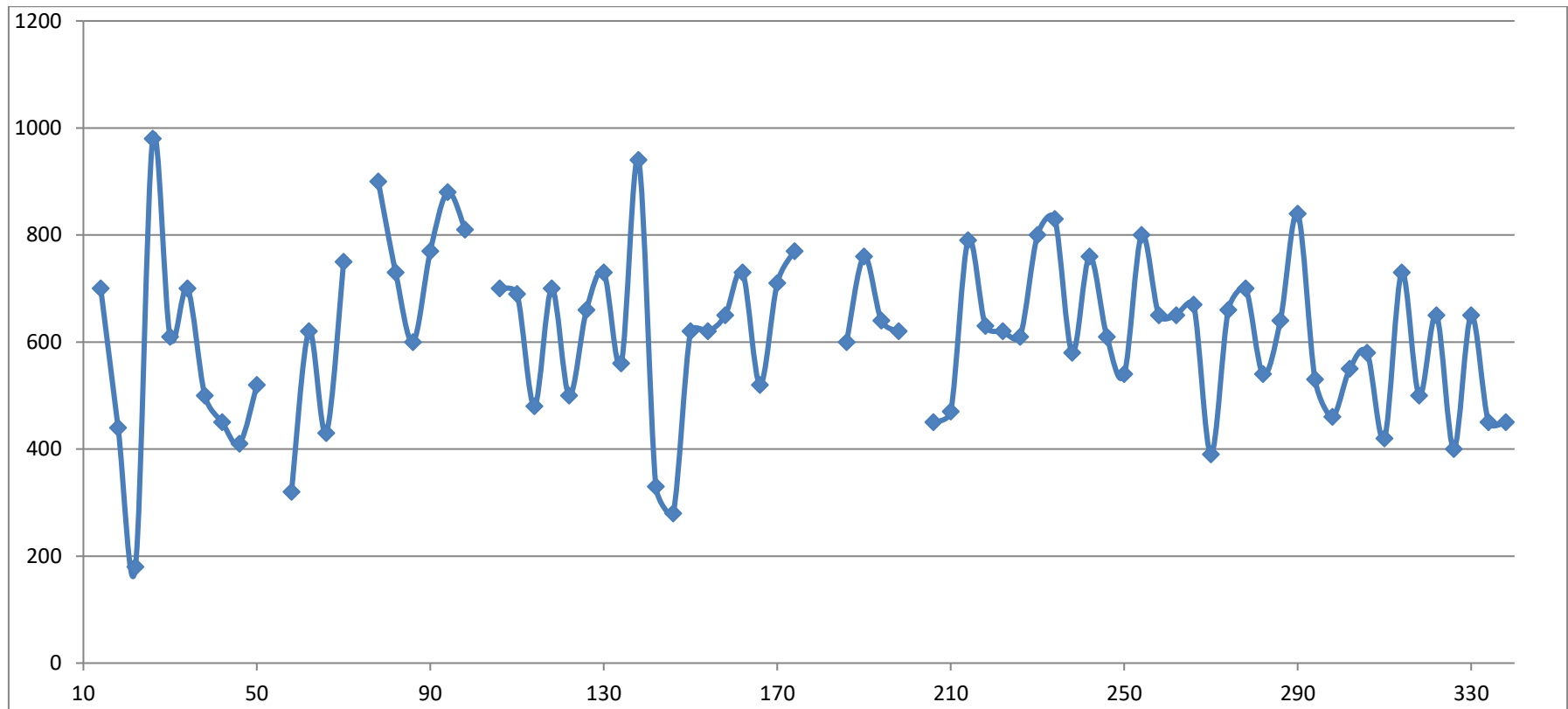


Рисунок 5.7 – Распределение слоя осадков по фронту полива ДМ «Волга-СМ», опыт № 3 (1-й ряд мерных сосудов)

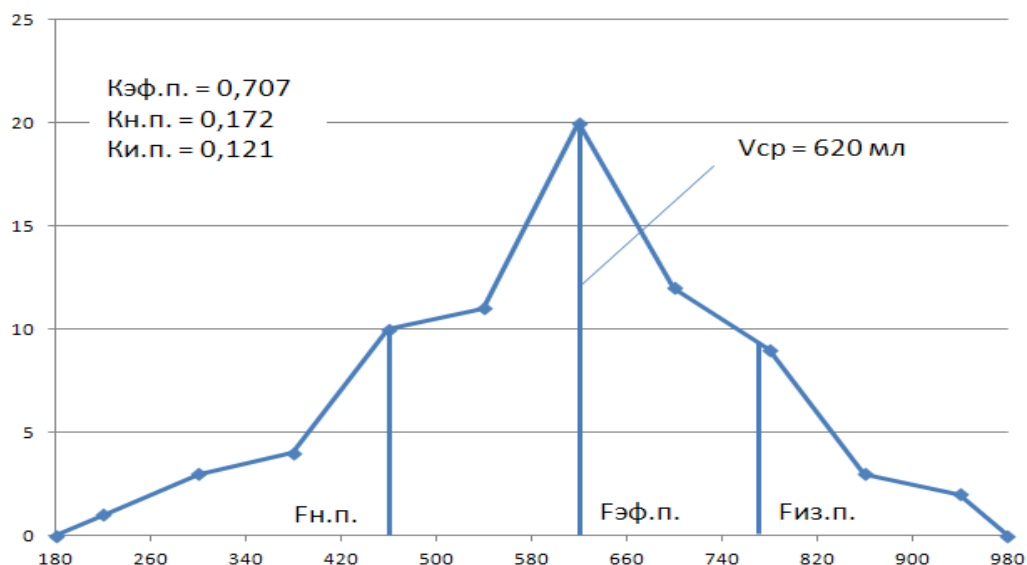


Рисунок 5.8 – График распределения слоя осадков в мерных сосудах по фронту полива ДМ «Волга-СМ» в ОПХ «ВолжНИИГиМ», опыт № 3

5.2.4 Общие результаты исследования равномерности полива дождевальными машинами «Волга-СМ»

Дождевальные насадки, смонтированные на ДМ «Волга-СМ» по учащенной схеме, обеспечивают хороший равномерный полив при средней скорости ветра для Саратовской области 2-4 м/с ($K_{эф} = 0,72-0,62$), что на 17-35 % выше, чем у ДМ «Фрегат» при обычной расстановке стандартных штуцеров (таблица 5.6, рисунок, 5.9).

Таблица 5.6 – Изменение коэффициента эффективного полива по фронту захвата дождем ДМ «Волга-СМ» и ДМ «Фрегат» при обычной расстановке стандартных штуцеров в зависимости от скорости и ветра

Скорость ветра, м/с		0	1	2	3	4	5
Коэффициент эффективного полива, $K_{эф}$	ДМ «Волга-СМ»	0,76	0,74	0,72	0,68	0,62	0,54
	ДМ «Фрегат»	0,72	0,69	0,6	0,5	0,4	0,3



Рисунок 5.9 – Изменение коэффициента эффективного полива ДМ «Волга-СМ» и ДМ «Фрегат» при обычной расстановке стандартных штуцеров от скорости ветра

Более высокая равномерность полива ДМ «Волга-СМ» объясняется тем, что дождевальные насадки устанавливаются на 25 и 30-метровых пролетах соответственно через 5 и 6 метров, при этом величина перекрытия струй (R/ℓ) только на первом пролете равна 0,5, а на остальных пролетах увеличивается с 0,74 до 1,26 при оптимальной величине по Б.М. Лебедеву $R/\ell = 0,7$.

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

Согласно многочисленным исследованиям, проведенными И. Д. Федоренко [149], М. С. Мансуровым [58], В. И. Иванова [34], Е. Г. Петрова, В. Е. Хабаровым [153], Н. Ф. Рыжко [103] и др. [27] установлено, что «потери воды на испарение и снос ветром ($E_{ис}$) определяются высотой подъёма [133] капель дождя над землей или растениями, диаметром капель дождя, интенсивностью дождя, метеорологическими параметрами погоды и др».

Исследованиями установлено, что «величина ($E_{ис}$) также увеличивается с по-

вышением температуры окружающей среды (t) и скорости ветра ($Vв$), уменьшается с увеличением относительной влажности воздуха (φ), зависит от комплексного показателя напряженности климата (Φ), который предложил учитывать В.Е. Хабаров: $\Phi = t \cdot (1 - \varphi/100) \cdot (v_в + 1)$ » [153].

«Результаты исследований потери воды на испарение и снос ветром по фронту полива ДМ «Волга-СМ» и «Фрегат» в зависимости при средней метеорологических условиях Саратовской области (температуры воздуха $t = 17^\circ C$ и скорости ветра $Vв = 3,4$ м/с, относительной влажности воздуха $\varphi = 56$ % и коэффициенте метеорологической напряженности климата $\Phi = 34$ » [103] приведены в таблице 5.7 и показаны на рис. 5.10.

Таблица 5.7 – Величины потерь воды испарение и снос ветром при поливе ДМ «Волга-СМ» с дождевальными насадками и ДМ «Фрегат» со среднеструйными аппаратами

№ п.п	q_n , л/с	Тип дождевателя	D-d, мм	H, м вод.ст	h, м	d_c , мм	$\rho_{ср}$, мм/мин	$\rho_{мг}$, мм/мин	Еис, %
3	0,192	ДНу	3,0	27,8	2,8	0,36	0,318	0,322	14,0
		СДА	3,2	30,7	4,1	0,86	0,091	1,54	22,3
6	0,415	ДНу	4,0	19,4	2,9	0,46	0,329	0,304	12,5
		СДА	3,6-2,4	43,2	5,5	0,70	0,112	1,525	21,4
7	0,48	ДНу	4,0	19,4	2,9	0,46	0,369	0,304	12,2
		СДА	4,3-2,4	34,4	5,5	0,92	0,117	1,618	17,7
12	0,825	ДНу	5,0	28,2	3,0	0,458	0,415	0,352	11,4
		СДА	5,6-3,2	27,6	6,3	0,6	0,397	0,240	17,5
13	0,883	ДНу	6,0	20,0	3,2	0,56	0,49	0,348	11,4
		СДА	5,6-3,2	39,2	6,2	0,98	0,171	2,091	15,9
26	1,79	ДНу	8,0	21,0	3,4	0,61	0,398	0,528	11,8
		СДА	5,6-7,1	48,3	7,4	1,0	0,276	1,921	15,1
35	2,42	ДНу	9,5	21,8	3,6	0,66	0,417	0,559	10,0
		СДА	5,6-9,5	44,8	7,7	1,24	0,311	1,57	13,2
38	2,65	ДНу	10,0	22,0	3,6	0,67	0,440	0,656	8,2
		СДА	9,5-5,6	43,7	7,7	1,25	0,344	1,60	13,0
46	3,76	ДНу	12	19,2	3,7	0,87	0,516	0,616	8,1
		СДА	11,9-56	42	8,0	1,57	0,43	2,6	10,3

Примечание q_n , - расход воды дождевателя, ДНу – дождевальная насадка учащенная схема установки, СДА – среднеструйный дождевальным аппарат, D-d, - диаметр основного и дополнительного сопла, мм; H – напор; h- высота подъёма струй; d_c ,- средний диаметр капель дождя $\rho_{ср}$, $\rho_{мг}$ – средняя и мгновенная интенсивность дождя Еис- потеря воды испарение и снос ветром

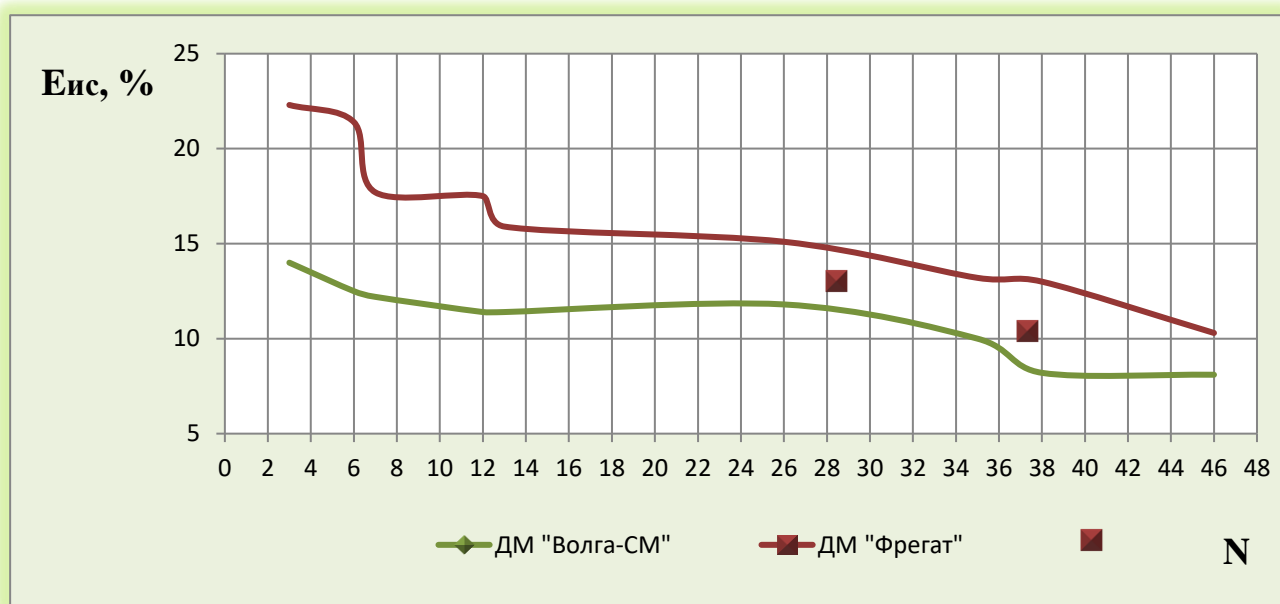


Рисунок 5.10 – Изменение величины Еис по фронту полива ДМ «Волга-СМ» (2) и «Фрегат» (1) при среднем коэффициенте метеорологической напряженности для Саратовской области $\Phi = 34$ ед.

Исследованиями установлено, что ДМ «Волга-СМ» с дождевальными насадками, установленными через 5 и 6 метров, уменьшает потери воды на испарении и снос с 10-23 % до 8-14 % (при коэффициенте метеорологической напряженности $\Phi = 34$ ед.) или в 1,2-1,5 раза по сравнению с дождевальными аппаратами, установленными на трубопроводе машины «Фрегат», счёт снижения высоты подъёма капель дождя с 4-7 до 2,8-3,5 м над землёй.

5.4 Исследования глубины колеи при поливе ДМ «Фрегат» и «Волга-СМ»

При поливе ДМ «Фрегат», оборудованной струйными аппаратами на орошаемом участке, после первого прохода машины образуются колеи, глубина которых определяется поливной нормой и объемом воды перед колесами. Для машины с гидроприводом характерным является значительный объем воды, попадающий под колеса в результате протечек на основных узлах. Часто наблюдается

разрыв прокладок, трещины в трубопроводе, протечки в манжете гидроцилиндра и клапана распределителя, протечки напорного рукава и отсутствие сливной магистрали.

Замеры подтверждают, что на полях с различными сельхозкультурами, глубина колеи определяется несущей способностью почвы, которая во многом зависит от нормы полива перед колесами и влажности почвы перед поливом. После первого полива машины глубина колеи может изменяться от 36 до 129 мм в зависимости от объёма воды под колесами (таблицы 5.8 и рисунка 5.11).

При движении ДМ «Фрегат» на ветер, когда дождь сносится, а колеса опор передвигаются по твердой и почти сухой почве, глубина колеи в основном определяется видом поливаемой культуры и влажностью почвы и составляет 36-39 мм (таблица 5.8, опыт 1, 2).

Таблица 5.8 – Глубина колеи после первого полива ДМ «Фрегат» с серийными аппаратами в зависимости от слоя осадков перед колесами опор и видом поливной культуры

№ п. п.	С-х культура	Слой осадков под колесом, мм	Направление ветра	Глубина колеи, мм
1	Ячмень	0	Ветер встречный	36
2	Суданка	6	Ветер встречный	39
3	Кукуруза	14	Штиль	59
4	Яр пшеница	32	Ветер попутный	98
5	Соя	46	Ветер попутный	107
6	Оз. пшеница	59	Ветер попутный	129

Если ДМ «Фрегат» поливает при штилевой погоде или слабом ветре, и норма полива под колесами тележек небольшая – 14 мм, то глубина колеи составляет порядка 59 мм (опыт 3).

Если при поливе ДМ «Фрегат» дует попутный ветер и слой осадков под колесами повышается до 32-59 мм и более, увеличивается и слой осадков под колесами опор. Глубина колеи достигает 98-129 мм (таблица 5.8, опыт 4, 5, 6), а на пашне – 160 мм.

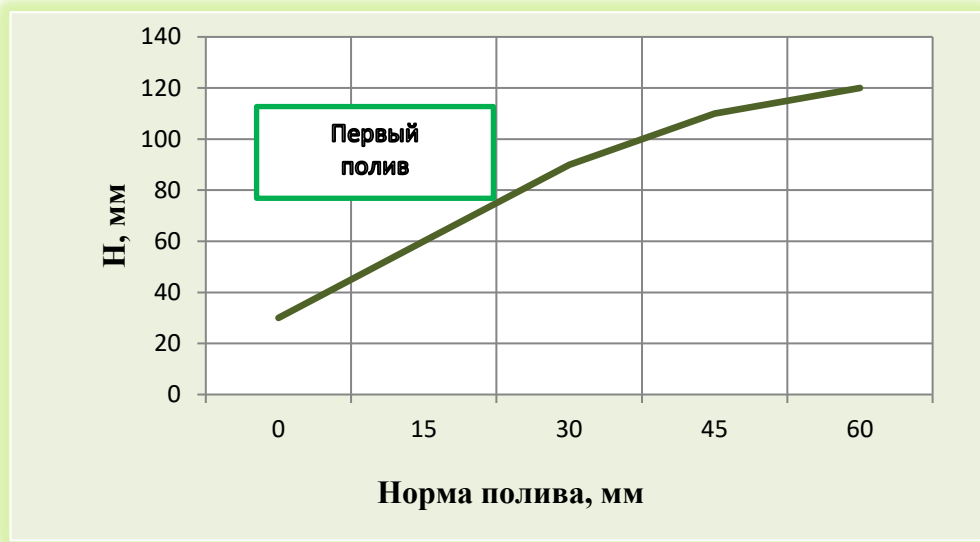


Рисунок 5.11 – Глубина колеи (H) в зависимости от нормы полива (M) перед колесами опор машины

При увеличении глубины колеи увеличивается и высота подъёма почвы с внутренней (без грунтозацепов) гладкой стороны обода колеса с 38 до 66 мм. Высота подъема почвы со стороны установки зацепов незначительная и составляет всего 5-18 мм (таблица 5.9, рисунок 5.11).

Таблица 5.9 – Высота подъёма почвы в зависимости от глубины колеи

Глубина колеи, h , мм	Высота подъёма почвы, мм		Глубина колеи с учетом выпираания почвы H , мм
	гладкий обод	обод с зацепами	
56	38	5	94
105	58	15	163
125	66	18	191

При увеличении числа поливов машины, глубина колеи повышается и к пятому поливу может достигать 250-300 мм (таблица 5.10, рисунок 5.12). Причем, наиболее интенсивно, глубина колеи увеличивается за первые три прохода.

Таблица 5.10 – Изменение глубины колеи в зависимости от поливной нормы и числа поливов ДМ «Волга-СМ» и «Фрегат»

Число поливов	Глубина колеи, мм		
	«Фрегат», $m=150 \text{ м}^3/\text{га}$	«Фрегат», $m=600 \text{ м}^3/\text{га}$	«Волга-СМ»,* $m=0-50 \text{ м}^3/\text{га}$
1	56	120	25
2	88	150	35
3	110	190	50
4	122	225	70
5	130	250	90

Примечание: * – в районе тележек на открылках установлены дождевальные насадки с заданным углом полива 280°

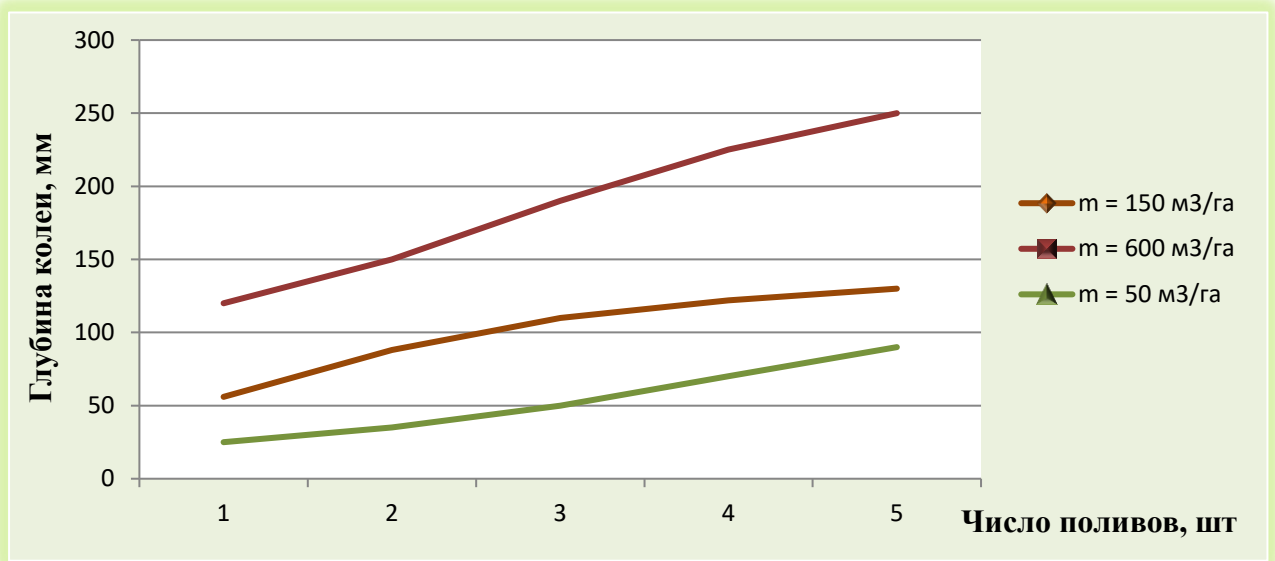


Рисунок 5.12 – Изменение глубины колеи на посевах сои в зависимости от числа поливов машины и нормы полива перед колесами ДМ «Волга-СМ» и «Фрегат»

При средней поливной норме $300 \text{ м}^3/\text{га}$ глубина колеи h после четырех поливов составляет 130 мм, а с учетом выпирания почвы H – 200 мм. При поливной норме $600 \text{ м}^3/\text{га}$ глубина колеи увеличивается до 300 мм, а с учетом выпирания почвы до 400 мм (рисунки 5.12, 5.13 (а, б)).



а



б

Рисунок 5.13 (а, б) – Образование глубокой колеи для серийной машины «Фрегат»

Применение дождевальных насадок с углом полива 280° на открылках в районе тележек, сливных насадок системы гидропривода и подтележечных щитков исключает или значительно снижает попадание оросительной воды под колеса тележек (до 0-50 м³/га), что обеспечивает значительное снижение глубины колеи с 200-300 мм до 50-90 мм (рисунки 5.12, 5.14, 5.15 (а, б)).



Рисунок 5.14 – Установка подтележечного щитка на раме тележки ДМ «Волга-СМ»



а



б

Рисунок 5.15 – Снижение глубины колеи при использовании комплекса технических решения для повышения проходимости на ДМ «Волга-СМ» на посевах сои (а) и при поливе всходов озимой пшеницы (б)

5.5 Увеличение площади полива ДМ «Волга-СМ»

Напор перед концевым дождевальным аппаратом на 12-опорной ДМ «Волга-СМ» составляет 35 м вод. ст., расход воды концевого односоплового аппарата «Фрегат-4», имеющего диаметр сопла 11,1 мм, составляет 2,59 л/с. Радиус захвата дождем – 25 м. Площадь полива 12-опорной машины с длиной трубопровода 328 м составляет 39,1 га. Стандартная низконапорная ДМ «Фрегат» аналогичной длины при использовании аппарата «Фрегат-2» и давлении перед ним 0,2 МПа имеет радиус полива 13 м, при этом площадь полива снижается до 36,5 га. Использование на ДМ «Волга-СМ» односоплового концевого аппарата «Фрегат-4» при давлении в конце 0,35 МПа позволило увеличить площадь полива на 2,6 га.

Для дождевальных машин «Волга-СМ» при изменении числа опор от 7 до 16 единиц и использовании концевого аппарата с радиусом захвата дождем 25 м, дополнительная площадь полива увеличивается на 1,8-4 га.

В качестве концевых дождевальных аппаратов, кроме «Фрегат-4» модели дм-07.140 с одним соплом диаметром 11,1 мм, можно использовать аппараты «Роса-2», «Комет», «Rain Bird» [77-84, 164] и др.

5.6 Снижение энергоемкости полива ДМ «Волга-СМ»

На насосной станции в ОПХ «ВолжНИИГиМ» для подачи воды используются насосные агрегаты СПС-70/80 (2 шт.) и один агрегат СПС-100/100 с электродвигателями мощностью 100 и 160 кВт соответственно. Низконапорная ДМ «Волга-СМ» обеспечивает расход воды 50 л/с при напоре на входе 40 м вод. ст. Это позволяет увеличить число одновременно работающих дождевальными машин при их групповой эксплуатации. Если на орошаемом участке поливают две стандартные ДМ «Фрегат» № 4 и № 8 с расходом воды 90 и 50 л/с, то это требует включения двух насосов СПС-70/80, которые обеспечивают суммарный расход воды 140 л/с (по 70 л/с каждый) при давлении на выходе 0,8 МПа и давлении на ДМ № 4 – 0,65 МПа и ДМ № 8 – 0,53 МПа. Потребление электроэнергии двумя электродвигателями составляет 160 кВт, а энергоемкость на подачу 1000 м³ воды равна [136]:

$$\mathcal{E} = \frac{160 \cdot 1000}{140 \cdot 3,6} = 317 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Перевод ДМ «Фрегат» № 3 на пониженное давление 0,56 МПа при расходе воды 90 л/с, а также включение ДМ «Волга-СМ» с расходом воды 50 л/с при давлении на входе 0,4 МПа и ДМ «Фрегат» № 1 с расходом воды 28 л/с обеспечили суммарный расход воды при поливе тремя дождевальными машинами:

$$Q = 90 + 50 + 28 = 168 \text{ л/с}$$

Давление на насосной станции снижалось с 0,8 до 0,7 МПа. Затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ воды при работе двух электродвигателей составили 170 кВт·ч.

Затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ воды составляют:

$$\mathcal{E} = \frac{170 \cdot 1000}{168 \cdot 3,6} = 281 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$$

Внедрение низконапорной ДМ «Волга-СМ» позволило увеличить число одновременно работающих машин и снизить затраты электроэнергии на подачу 1000 м³ воды с 317 до 281 кВт·ч или на 11,4 %.

5.7 Повышение срока службы водопроводящего трубопровода ДМ «Волга-СМ»

По результатам исследований сотрудников ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» установлено, что срок службы тонкостенных труб ДМ «Фрегат» с толщиной стенки 1,8 мм составляет не более 15-20 лет. На ДМ «Волга-СМ» толщина оцинкованных труб увеличена до 2,5-3,5 мм, что позволяет увеличить срок службы до 20-25 лет. Срок службы полиэтиленовых труб, неподверженных коррозии, по данным производителя составляет 40-50 лет. Это подтверждается приемлемым состоянием сливных труб, смонтированных в начале 70-х годов и эксплуатируемых уже порядка 50 лет. Полиэтиленовый трубопровод на ДМ «Волга-СМ» применяется с 2014 г., то есть около 10 лет и находится в хорошем состоянии. Таким образом, использование водопроводящего трубопровода, состоящего из стальных и полиэтиленовых труб, позволит продлить в 1,25-2 раза его срок службы.

5.8 Возможность производства ДМ «Волга-СМ»

В настоящее время тонкостенные трубы диаметром 178 и 152 мм с толщиной стенки 1,8 мм небольшими партиями не производятся, а для большого объема нет заказчика. На ДМ «Волга-СМ» используются стальные трубы массового производства диаметром 114, 108, 102 и 89 мм, а также стандартные полиэтиленовые трубы диаметром 160, 140, 110, 90, 63, 50 и 40 мм. Наличие серийно выпускаемых труб позволит возобновить выпуск дождевальных машин вантовой конструкции, при этом возможно снижение металлоемкости для машин с 48,6 кг/м (например, ДМ «Кубань-ЛК» ферменной конструкции) до 32,4 кг/м или в 1,5 раза.

5.9 Эксплуатационные испытания дождевальной машины с полиэтиленовым трубопроводом «Волга-СМ»

За время испытаний низконапорной дождевальной машины кругового действия с полиэтиленовым трубопроводом отказов не зафиксировано, однако в пе-

риод пусконаладочных работ, а также при дальнейших поливах наблюдались стандартные отказы (таблица 5.11). Рабочий напор при поливах изменялся от 0,3 до 0,5 МПа. В отдельные периоды машина могла работать при более низком давлении – 0,25-0,27 МПа.

Таблица 5.11 – Основные неисправности, зафиксированные при эксплуатации низконапорной дождевальной машины кругового действия с полиэтиленовым трубопроводом

Наименование отказа	Количество случаев, шт.	Способ устранения
Клапан распределитель не переключился	6	Регулировка механизма переключения клапана
Сломалась тяга	1	Замена тяги
Срезался штифт крышки колеса	2	Заменяли штифт
Засорился сливной клапан	4	Очистка сливного клапана
Провалился стопор колеса	1	Отрегулировали положение колеса относительно стопора
Зацепился наконечник толкателя за грунтозацеп колеса	2	Отрегулировано положение наконечника толкателя

Отказы по конструкции стального и полиэтиленового трубопровода отсутствуют.

Опытный образец многофункциональной низконапорной дождевальной машины кругового действия с полиэтиленовым трубопроводом «Волга-СМ» (на базе 12-опорной машины ДМ «Фрегат» ДМП-328-50, длина машины – 328 м, расчетный расход воды при напоре на входе 0,4 МПа составляет 50 л/с) обеспечил устойчивую и надежную работу при рабочем давлении на входе в машину 0,3-0,4 МПа (рисунок 5.16).

Технические параметры машины (скорость движения последней тележки, время оборота машины, поливная норма, радиус захвата дождем, площадь полива машины и др.) соответствует расчетным значениям.

При изменении цикличности гидроцилиндра от 1,0 до 5,3 ход/мин:

- скорость движения последней тележки составила 0,16-0,87 м/мин;
- расчетное время оборота машины – 133,6-37,8 час;

- поливная норма машины – 700-125 м³/га;
- радиус захвата дождем – 346 м;
- площадь полива машины – 37,5 га.



Рисунок 5.16 – Опытный образец многофункциональной низконапорной дождевальной машины кругового действия с полиэтиленовым трубопроводом «Волга-СМ» в работе

Основные показатели работы опытного образца оценивались в соответствии с СТО АИСТ 11.1-2010 [144].

Полевые и сертификационные испытания 12-опорной дождевальной машины «Волга-СМ» с привлечением специалистов Поволжской МИС прошли на полях ОПХ «ВолжНИИГиМ». Протокол испытаний № 08-11П-2015 от 30.10.2015 (приложение Б).

Для серийного производства дождевальной машины получен сертификат соответствия № 0140294 (приложение В).

Дождевальная машина «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом внедрена в ОПХ «ВолжНИИГиМ» (приложение Г).

Технические характеристики широкозахватной 12-опорной дождевальной машины с полиэтиленовым трубопроводом «Волга-СМ» представлены в таблице Д1 приложения Д.

5.10 Экономическая эффективность дождевальной машины с полиэтиленовым трубопроводом

Экономический эффект разрабатываемой машины «Волга-СМ» складывается за счет:

- снижения стоимости водопроводящего полиэтиленового трубопровода полнокомплектной машины (по сравнению с: серийной 16-опорной ДМ «Фрегат» – ориентировочно на 450 тыс. руб.; ДМ «Фермер Фрегат» – в 1,9-2,1 раза; 7-10-опорных ДМ «Фрегат» при использовании полиэтиленовых труб Ø110 мм – в 1,75 раза) (таблица 5.11);

- увеличения срока службы полиэтиленовых труб и оцинкованных труб малого диаметра с толщиной стенок 2,5-3 мм – до 50 лет (вместо 15-20 лет – для серийных тонкостенных труб);

- повышения производительности труда машины в результате сокращения простоев в ожидании ремонта и пуска; Применение модернизированных дождевальных насадок с углом полива 280° на открылках в районе тележек, разбрызгивающих насадок сливной системы гидропривода, а также подтележечных щитков исключает или значительно снижает попадание оросительной воды под колеса тележек и обеспечивает значительное снижение глубины колеи с 20-30 см до 5-9 см.

- сокращения затрат электроэнергии на полив при групповой эксплуатации дождевальных машин, при большей их эксплуатации в оптимальном режиме работы насосных агрегатов, а также за счет уменьшения напора на входе в дождевальную машину;

- улучшения качественных показателей полива при расстановки дождевальных насадок через 5 и 6 м на коротких и длинных пролетах;

- коэффициент эффективного полива при ветре повышается с 0,5-0,6 до 0,7-0,8;

- потерь воды на испарение и снос снижаются с 15-20 % до 4-9 %;

- повышения нормы полива до стока с 180-200 до 350-400 м³/га;

- имеется возможность движения машины без орошения.

Таблица 5.11 – Стоимость полиэтиленового и стального трубопроводов в зависимости от длины машины и расхода воды по состоянию на 01.01.2020 г.

Модификация ДМ «Волга-СМ»	Число тележек, шт.	Длина машины, м	Расход воды, л/с	Напор на входе а машину, МПа	Площадь полива, га	Минимальная поливная норма, м ³ /Га	Время оборота машины, ч	Диаметр полиэтиленов. трубопровода, мм	Стоимость полиэтиленового трубопровода (в сб.) и (стального трубопровода в сб.) тыс.руб. без НДС
ДМУ-16-463-90	16	463	90	0,45	74,9	238	55,2	160-110	400+500=900,0
ДМУ-15-434-90	15	434	90	0,45	66,1	251	51,5	160-110	377+472=850,0
ДМУ-14-409-80	14	409	80	0,43	59,1	235	48,3	160-110	355+445=800
ДМУ-13-379-75	13	379	75	0,43	51,3	234	44,7	140-110	280+412=692
ДМУ-15-417-55	15	417	55	0,42	61,2	160	49,6	110	200+453=653
ДМУ-14-392-50	14	392	50	0,40	54,6	153	46,5	110	188+426=614
ДМУ-13-362-50	13	362	50	0,40	47,1	164	42,8	110	174+394=568
ДМУ-12-337-65	12	337	65	0,43	41,3	225	39,7	140	245+366=611
ДМУ-11-308-55	11	308	55	0,42	34,8	206	36,1	110	148+335=483
ДМУ-10-283-45	10	283	45	0,40	29,8	180	33,1	110	136+308=444
ДМУ-09-253-38	9	253	38	0,45	24,4	165	29,4	90	80+275=355
ДМУ-08-229-32	8	229	32	0,42	20,2	150	26,3	90	72+249=321
ДМУ-07-199-28	7	199	28	0,40	15,8	144	22,6	90	63+216=279
ДМУ-06-175-22	6	175	22	0,40	12,6	159	25,3	63	45+190=235
ДМУ-05-145-18	5	145	18	0,40	9,1	146	20,6	63	40+158=198
ДМУ-04-120-14	4	120	14	0,39	6,6	126	16,6	Нет	130,0
ДМУ-03-90-11	3	90	11	0,37	4,1	114	11,8	Нет	98,0
ДМУ-02-65-8	2	65	8	0,36	2,26	101	8,0	Нет	70,0
ДМУ-01-35-5	1	35	5	0,35	1,1	52	3,2	Нет	38,0

Ориентировочная стоимость дождевальной машины «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом (в ценах по состоянию на начало 2020 г.)

Стоимость стального трубопровода серийной ДМ «Фрегат» в настоящее время (цена трубы длиной 10 м – 25 тыс. руб.) равна 1157 тыс. руб. (табл. 1.10).

Стоимость 1 п. м. полиэтиленовой трубы Ø 160x6,2 мм равна 697 руб. Тогда стоимость трубопровода длиной 463 м составит 322,7 тыс. руб. Стоимость двух втулок под фланец – 1,28 тыс. руб. Итого: 324 тыс. рублей.

Стоимость 1 п. м стальной оцинкованной трубы Ø 102x3,5мм – 441 руб.

Общая стоимость стальных труб на одну машину – 203, 0 тыс. руб.

Стоимость изготовления стального трубопровода опытной машины – 180 тыс. руб.

Общая сумма составит 707,0 тыс. руб. (табл. 1.10).

Снижение стоимости трубопровода составляет 450,0 тыс. руб.

При стоимости серийной 16-опорной ДМ «Фрегат» составляет 2,5 млн. руб., стоимость дождевальной машины с полиэтиленовым трубопроводом может быть снижена до 2,1 млн. руб. Стоимость полиэтиленового и стального трубопровода ДМ «Фермер Фрегат» (6 опор, длина 175 м) составляет 114 тыс. руб. против 475 тыс. руб. т.е. снизится в 2,9 раза. Стоимость полиэтиленового и стального трубопровода ДМ «Фрегат» марка ДМУ-А (10 опор, длина 283 м) составляет 330 тыс. руб., против 700 тыс. руб. т.е. снизится в 2,1 раза.

Выводы

1. Расход воды низконапорной дождевальной машины «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом в опытах № 1-3 при давлении на входе в трубопроводе 0,4 МПа находится в пределах 50 л/с и близок к рассчитанным значениям карт регулировки насадок.

2. Слой осадков после прохода дождевальной машины «Волга-СМ» при цикличности гидропривода последней опоры 1,5; 2,6 и 4,05 ход/мин изменяется от 63,8; 34,8 и 22,0 мм/га, минимальный слой осадков при максимальной цикличности 5,3 ход/мин составляет 18,1 мм/га.

3. Время полива орошаемого участка машины зависит от выдаваемого слоя осадков и при изменении цикличности гидропривода от 5,3 до 1,5 ход/мин составляет 37,8-133,6 час.

4. Средний радиус полива 12-опорной ДМ «Волга-СМ» составил 346 м, площадь орошения машины – 37,5 га, дополнительная площадь полива по сравнению со стандартной низконапорной ДМ «Фрегат» – 2,6 га.

5. Дождевальные машины «Волга-СМ» при расстановке дождевальных насадок через 5 и 6 м обеспечивают повышение равномерности полива при ветре до 0,72-0,62, что выше на 15-37 % по сравнению с ДМ «Фрегат» при установке в стандартные штуцера.

6. Применение модернизированных дождевальных насадок с заданным углом полива 280° на открылках в районе тележек, разбрызгивающих насадок сливной системы гидропривода, а также подтележечных щитков исключает или значительно снижает попадание оросительной воды под колеса тележек и обеспечивает значительное снижение глубины колеи с 20-30 см до 5-9 см.

7. Математические уравнения, приведенные на рисунках 5.1,5.2,5.9, позволяют с высокой точностью (R^2 близко к 1,0) определять качественные показатели полива от оснащения, модификации ДМ «Волга-СМ» и погодных условий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ существующих дождевальных машин вантовой конструкции показывает, что они имеют значительную массу и металлоёмкостью, что вызывает образование глубоких колеи и высокую стоимость машин. Срок службы, применяемых в них, оцинкованных тонкостенных труб незначительный и не превышает 10-15 лет. Напор на входе в машину «Фрегат» довольно значительный (47-70 м вод. ст.), что вызывает повышенное потребление электроэнергии на полив.

2. Обоснованы преимущества многоопорной дождевальной машина «Волга-СМ» с вантовыми пролётами, состоящими из стального и полиэтиленового трубопровода в плане снижение массы пролётов. Гидравлическими расчётами установлено, что при увеличении расхода воды машины от 5 до 90 л/с диаметр стальной трубы должен составлять 102-114 мм, а полиэтиленовых труб – 63-160 мм. Для машин различных модификаций с длиной от 35 до 463 метров (1-16 опор) снижение массы пролётов машины составило в среднем на 38%. Общая стоимость трубопровода ДМ при этом снизится в среднем на 45 %.

3. При поливе разработанной конструкцией дождевальной насадки с углом полива 280° , устанавливаемых на открытках длиной 2,2 м в месте расположения тележек, с монтажом сливной насадки системы гидропривода и подтележечного щитка, существенно уменьшает попадание оросительной воды под колеса тележек и обеспечивает значительное снижение глубины колеи с 200-300 мм до 50-90 мм.

4. Установлено, что средний диаметр капель дождя дождевальных насадок ДМ «Волга-СМ» составляет 0,37-0,69 мм, это меньше в 1,26-1,34 раза в концевой части трубопровода, чем у стандартных насадок ДМ «Фрегат» (0,37-0,87 мм).

Средняя мгновенная интенсивность дождя ДМ «Волга-СМ» с дефлекторными насадками при учащенной расстановке ниже на 24,5 %, чем у ДМ «Фрегат» при установке насадок в стандартные штуцера и в 4-4,5 раза меньше, чем у среднеструйных аппаратов. Напор на входе ДМ «Волга-СМ» ($H = 40$ м) ниже в 1,32 раза, чем у ДМ «Фрегат» ($H = 53$ м).

Дождевальные машины «Волга-СМ» при учащенной установке (через 5 и 6 м) дождевальных насадок на трубопроводе обеспечивают повышение равномер-

ности полива при ветре до 0,62-0,72, при этом уменьшаются потери воды на испарение и снос с 10-23 % до 8-14 % (при коэффициенте метеорологической напряженности $\Phi = 34$ ед.).

5. Экономическая эффективность внедрения 12-опорной ДМ «Волга-СМ» в ОПХ «ВолжНИИГиМ» от снижения стоимости водопроводящего трубопровода, снижения потребления электроэнергии на полив и повышения производительности при повышении проходимости составляет 60 тыс. рублей на машину.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Производителям дождевальных машин вантовой конструкции с полиэтиленовым трубопроводом рекомендуется использовать разработанные конструктивно-технологические решения при выборе стальных и полиэтиленовых труб разного диаметра в зависимости от модификации машины, ее длины и расхода воды.

2. При орошении сельскохозяйственных культур эксплуатирующим организациям рекомендуется для повышения проходимости дождевальных машин «Волга-СМ» и «Фрегат», а также снижения негативного воздействия на почву устанавливать в районы тележек дефлекторные насадки с заданным углом полива 280° , сливные насадки гидропривода, а также подтележечные щитки;

3. Проектным организациям и научно-исследовательским институтам при разработке и модернизации многоопорных дождевальных машин вантовой конструкции рекомендуется использовать разработанные математические зависимости и методики гидравлического расчета двухтрубных дождевальных машин с гидроприводом.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Разработать автоматизированную систему управления и контроля дождевальной машины «Волга-СМ», а также технические и технологические решения для дальнейшего снижения энергоемкости полива и давления на входе в машину, увеличения длины пролетов, повышения надежности работы и качества работы дождевальных машин вантовой конструкции с полиэтиленовым трубопроводом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов, А. М. Методы определения эрозионно-допустимых поливных норм при дождевании : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Абрамов Анатолий Михайлович. – М., 1987. – 18 с.
2. Айдаров, Н. П. Оросительные мелиорации / Н. П. Айдаров, А. И. Голованов. – М. : Колос, 1982. – 176 с.
3. Аналитические исследования перспектив развития техники орошения в России: информационно-аналитическое издание / Г. В. Ольгаренко, С. С. Турапин – 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. Бируля, А. К. Эксплуатация автомобильных дорог / А. К. Бируля – М. : Автотрансиздат, 1956. – 256 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 / Бредихин Н. П. // 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. Бубенчиков, М. А. О снижении энергоемкости полива короткоструйных дефлекторных насадок / М. А. Бубенчиков, А. Н. Данильченко, Н. П. Пацер // Экологическое и экономическое обоснование технологии и технических средств полива: сб. науч. тр. / ВНИИМиТП. – М., 1989. – С. 42-47.
10. Васильев, Б. А. Исследование распределения капель в факеле распыленной жидкости / Б. А. Васильев, С. П. Ильин // Новое в технике и технологии полива : сб. науч. тр. / ВНИИМиТП. – Коломна, 1974. – Т. 6. – С. 80-86.

11. Варлев, И. Оптимальная равномерность полива / И. Варлев // Гидравлика и мелиорация. – 1981. – № 6. – С. 77-81.
12. Гаврилица, О. А. Эрозионная деградация черноземов при поливе дождеванием и пути ее предупреждения : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Гаврилица О. А. – Кишинев, 1991. – 48 с.
13. Гаврилица, О. А. Эрозионные процессы при поливе дождеванием и пути их минимизации / О. А. 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 приозидатских песков : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Гаджиев Гаджи Магомед-Саидович. – 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» : дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / Гомберг Сергей Владимирович. – Саратов, 2007. – 208 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. Достижения в технике и технологиях полива / В. И. Городничев, Г. В. Ольгаренко, С. С. Турапин // Вестник МичГАУ : науч.-произв. журнал. – Мичуринск., 2012. – С. 140-147.

23. Государственная программа эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации : [постановление Правительства Российской Федерации № 731 от 14 мая 2021 г.]. – М., 2021. – 180 с.

24. ГОСТ Р 53056-2008 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М., 2009. – 23 с.

25. 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.

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

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

28. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации № 20 : [указ президента Российской Федерации от 21 января 2020 г.]. – М., 2020. – 21 с.

29. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – М. : Книга по Требованию, 2012. – 352 с.

30. 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. – М., 1966. – 18 с.

31. Ерхов, Н. С. Определение крупности капель дождя с помощью бумаж-

ных фильтров / Н. С. Ерхов, Г. П. Лямперт // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1971. – № 10. – С. 31-33.

32. Ерхов, Н. С. Влияние эрозионно допустимых поливных норм на режим орошения сельскохозяйственных культур при дождевании / Н. С. Ерхов // Основные вопросы совершенствования техники и технологии полива : сб. науч. тр. / ВНПО «Радуга». – М., 1981. – С. 135-141.

33. 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.

34. Иванов, В. А. Учет потерь воды при поливе дождеванием / В. А. Иванов // Труды Волгоградского СХИ. – Волгоград, 1978. – Т. 76. – С. 21-26.

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

36. 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.

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

38. Карпова, О. В. Усовершенствованные устройства приповерхностного дождевания дождевальной машины «Фрегат» : дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / Карпова Ольга Валериевна. – Саратов, 2017. – 197 с.

39. Клепальский, А. П. Влияние интенсивности дождя на поливные нормы в зоне Сыртов Заволжья / А. П. Клепальский, В. Н. Корочков, А. Я. Божкова // Орошение земель в Поволжье. – Саратов, 1973. – С. 108-117.

40. 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.

41. Колганов, А. В. Научные основы развития орошения и техническое со-

вершенствование оросительных систем в засушливой зоне Российской Федерации : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Колганов Александр Васильевич. – М., 2000. – 52 с.

42. Колганов, А. В. 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.

43. Колганов, Д. А. Дождевальная машина «Фрегат» с усовершенствованной системой водоподачи для полива в низконапорном режиме: дис. ... канд. техн. наук. / Колганов Дмитрий Александрович. – Саратов, 2017. – 168 с.

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

45. Колесников, Ф. И. Оценка существующей техники и перспективы ее развития / Ф. И. Колесников // Вестник сельскохозяйственных наук. – 1986. – № 12. – С. 71-73.

46. Костин, И. С. Итоги работ по обоснованиям способов и техники полива в зоне Саратовского Заволжья / И. С. Костин, А. П. Клепальский, В. Н. Корочков // Технология полива сельскохозяйственных культур : сб. науч. тр. / ВАСХНИЛ. – М., 1972. – С. 59-67.

47. Краковец, В. М. Справочник оператора «Фрегата» и «Волжанки» / В. М. Краковец, С. Н. Никулин. – М. : Колос, 1976. – 240 с.

48. 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.

49. 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.

50. Крутиков, Н. П. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Н. П. Крутиков. – М., 1951. – Т 1. – 579 с.

51. 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.

52. Ларионова, А. М. Впитывающая способность почв при поливе дождеванием : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 06.01.03 / Ларионова Антонина Михайловна. – М., 2004. – 39 с.

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

54. 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.

55. 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.

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

57. Малько, И. В. Технология и дождевальная машина «Фрегат» с усовершенствованными ходовыми системами для полива площадей с пересеченным рельефом : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Малько Игорь Валерьевич. – Рязань, 2006. – 24 с.

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

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

60. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: Справочник; под ред. Б. Б. Шумакова. – М. : Агропромиздат, 1990. – 415 с.

61. 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.

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

63. 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 : материалы обл. науч.-техн. конф. – Волгоград, 1974. – С. 58-65.

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

65. Назаров, М. И. Потери воды на испарение в воздухе и снос ветром при дождевании / М. И. Назаров // Вопросы водного хозяйства. – Фрунзе : Кыргызстан, 1973. – Вып. 31. – С. 34-42.

66. Никулин, С. Н. Ресурсосберегающие технологии орошения / С. Н. Никулин // Гидротехника и мелиорация. – 1991. – № 4. – С. 27-31.

67. 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.

68. 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.

69. 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.

70. 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.

71. 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.

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

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

74. Ольгаренко, Г. В. Мелиоративный комплекс Российской Федерации : информ. издание. / Г. В. Ольгаренко, С. С. Турапин. – М. : ФГБНУ «Росинформа-гротех», 2020. – 304 с.

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

76. 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. / Волгоградский СХИ. – Волгоград, 1978. – С. 132-137.

77. Официальная страница «Valley» (Valmont Irrigation, США) [Электрон-ный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.valleyirrigation.com/> – (Дата обращения: 23.01.2023).

78. Официальная страница Zimmatic Lindsay (США) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lindsay.com/usca/en/irrigation/brands/zimmatic> – (Дата обращения: 12.02.2023).

79. Официальная страница Reinke Manufacturing Company (США) [Элек-

тронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.reinke.com/> – (Дата обращения: 12.02.2023).

80. Официальная страница T-L Irrigation Systems (США) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tlirr.com/?lang=ru> – (Дата обращения: 18.04.2023).

81. Официальная страница RKD Irrigacion (Испания) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rkd.es/> – (Дата обращения: 21.04.2023).

82. Официальная страница Western Irrigation Solutions (ОАЭ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.western-irrigation.com/> – (Дата обращения: 21.04.2023).

83. Официальная страница Lindsay (Франция – США) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lindsay.com/> – (Дата обращения: 12.12.2023).

84. Официальная страница BAUER GmbH (Австрия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bauer-at.com/> – (Дата обращения: 12.12.2023).

85. Павловский, Д. С. Исследование и совершенствование методов испытаний дождевальных машин : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Павловский Д. С. – М., 1971. – 19 с.

86. Пат. № 160893 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н. Ф., Шушпанов И. А., Рыжко С. Н. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». № 20155101884; заявл. 21.01.2015; опубл. 10.02.2016, Бюл. № 4.

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

88. Пат. № 170892 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н. Ф., Гопкалов Ю. А., Рыжко С. Н., Рыжко Н. В., Ботов С. В.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». № 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., Ботов С. В.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». № 2017110109; заявл. 27.03.2017; опубл. 22.01.2018, Бюл. № 3.

90. Пат. № 178776 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н. Ф., Смирнов Е. С., Шушпанов И. А. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». № 2017135034; заявл. 04.10.2017; опубл. 19.04.2018, Бюл. № 11.

91. Пат. № 180447 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н. Ф., Рыжко Н. В., Рыжко С. Н., Ботов С. В., Хорин С. А.; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». № 2017139807; заявл. 15.11.2017; опубл. 14.06.2018, Бюл. № 17.

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

93. Пат. № 208408 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н. Ф., Смирнов Е. С., Рыжко С. Н. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». № 2021116253; заявл. 03.06.2021; опубл. 16.12.2021, Бюл. № 35.

94. Пат. № 220261 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н. Ф., Смирнов Е. С., Рыжко С. Н. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». № 2023100426; заявл. 10.01.2023; опубл. 05.09.2023, Бюл. № 25.

95. Пат. № 220289 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Дождевальная машина / Рыжко Н. Ф., Смирнов Е. С., Рыжко С. Н. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». № 2023100482; заявл. 10.01.2023; опубл. 06.09.2023, Бюл. № 25.

96. Полонский, А. М. Исследование гидравлических параметров широкоза-

хватной дождевальнoй техники / А. М. Полонский // Широкозахватные дождевальнoе машины «Фрегат» и «Волжанка»: сб. науч. тр. / ВНИИМиТП. – Коломна, 1974. – Т. 5. – С. 29-59.

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

98. 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.

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

100. Рыжко, Н. Ф. Совершенствование поливной техники и повышение качества дождя на примере низконапорной ресурсосберегающей дождевальнoй машины «Фрегат» : дисс. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ". – Саратов, 2002. – 166 с.

101. Рыжко, Н. Ф. Обоснование технических решений по снижению напора на входе ДМ «Фрегат» / Н. Ф. Рыжко, В. Л. Угнавый // Вестник саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – Саратов, 2007. – № 4. – С. 85-90.

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

103. Рыжко, Н. Ф. Обоснование ресурсосберегающего дождевания и совершенствование дождевальнoй машины "Фрегат" в условиях Саратовского Заволжья : дисс. ... д-ра техн. наук : 06.01.02 / ФГОУ ВПО "Саратовский ГАУ". – Саратов, 2012. – 459 с.

104. Рыжко, Н. Ф. Модернизация устройств приповерхностного дождевания для водосбережения при поливе / Н. Ф. Рыжко, И. А. Шушпанов, А. С. Горбачёв, С. Н. Рыжко, А. А. Емельянов, С. А. Хорин // Мелиорация и водное хозяйство XXI века : проблемы и перспективы развития : сб. науч. тр. [по матер. междунац.

научно-практ. конф. / ФГБНУ ВНИИМЗ, г. Тверь, 27-28 августа 2014 г]. – Тверь : Твер. гос. ун-т., 2014. – Книга 2 – С. 54-57.

105. Рыжко, Н. Ф. Рекомендации по эксплуатации систем мелкодисперсного полива и оптимизации орошения овощных культур в условиях саратовской области. – Энгельс, 2014. – 23 с.

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

107. Рыжко, Н. Ф. Совершенствование конструкции многопорной дождевальной машины «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом / Н. Ф. Рыжко, И. А. Шушпанов, А. П. Акпасов, С. Н. Рыжко, М. С. Органов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия / ФГБНУ РосНИИПМ. – Новочеркасск, 2015. – № 4. – С. 166-170.

108. Рыжко, Н. Ф. Регулирование расхода воды ДМ «Фрегат» для снижения энергопотребления / Н. Ф. Рыжко, С. Н. Рыжко, С. В. Ботов, С. А. Хорин // Вестник Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова». – Саратов : СГАУ, 2015. – № 11. – С. 45-48.

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

110. Рыжко, Н. Ф. Многофункциональная дождевальная машина "Волга-СМ" и результаты исследований её работы / Н. Ф. Рыжко, И. А. Шушпанов, С. А. Хорин // Проблемы и перспективы развития мелиорации в современных условиях

: сб. науч. тр. [по матер. науч.-практич. конф. с международным участием, посвященной 50-летию образования ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»] – Саратов, 2016. – С. 120-127.

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

112. Рыжко, Н. Ф. Увеличение площади полива и коэффициента земельного использования дождевальной машины «Фрегат» : сб. науч. тр. [по матер. науч.-практич. конф., посвящ. 50-летию начала реализации широкомасштабной программы мелиорации земель и 50-летию образования ВНИИ «Радуга»] / Н. Ф. Рыжко, С. Н. Рыжко, С. В. Ботов, Н. В. Рыжко, С. А. Хорин. – Коломна, 2016. – С. 120-124.

113. Рыжко, Н. Ф. Результаты исследований дождевальной машины ферменной конструкции с полиэтиленовым трубопроводом / Н. Ф. Рыжко, Шушпанов И. А., Рыжко С. Н., Органов М. С. // Юбилейный международный сб. научных трудов «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.

114. Рыжко, Н. Ф. Технические решения для повышения проходимости дождевальных машин "Фрегат" и "Bauer" / Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, Н. В. Рыжко, С. Н. Рыжко, С. В. Ботов // Адаптивно-ландшафтные системы земледелия – основа эффективного использования мелиорированных земель : материалы Междунар. науч.-практ. конф. – Тверь : ФГБНУ ВНИИМЗ, 2017. – С. 249-252.

115. Рыжко, Н. Ф. Резервы повышения производительности оросительных систем при переводе дождевальных машин на низконапорный режим работы / Н.

Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, С. Н. Рыжко, Н. В. Рыжко, А. И. Чихачев, С. В. Ботов // Роль мелиорации земель в реализации государственной научно-технической политики в интересах устойчивого развития сельского хозяйства : материалы Международ. науч.-практ. конф. – Волгоград : ФГБНУ ВНИИОЗ, 2017. – С. 427-431.

116. Рыжко, С. Н. Дождевальная машина ферменной конструкции со стеклопластиковым трубопроводом / С. Н. Рыжко, Н. В. Рыжко // Новости науки в АПК. – Михайловск : Северо-кавказский федеральный научный аграрный центр, 2018. – Номер 2-2 (11). – С. 43-46.

117. Рыжко, Н. Ф. Дождевальная машина вантовой конструкции с полиэтиленовым трубопроводом / Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, И. А. Шушпанов // Новости науки в АПК. – 2018. – № 2-2 (11). – С. 47-50.

118. Рыжко, Н. Ф. Технические разработки для улучшения эксплуатационных показателей и качества полива многоопорных дождевальных машин / Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, И. А. Шушпанов, Н. В. Рыжко, С. Н. Рыжко // Мелиорация и водное хозяйство : материалы Всероссийской науч.-практ. конф. (Шумаковские чтения) с междунар. участием. – Новочеркасск : ООО «Лик», 2018. – С. 114-120.

119. Рыжко, Н. Ф. Способы снижения потребления энергетических и водных ресурсов при поливе широкозахватными дождевальными машинами / Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, Н. В. Рыжко, С. Н. Рыжко // Проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения : материалы VIII Национальной конференции с междунар. участием; под редакцией Ф. К. Абдразкова. – Саратов : ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2018. – С. 286-291.

120. Рыжко, Н. В. Перспективы развития орошаемых земель на основе совершенствования дождевальных машин вантовой конструкции / Н. В. Рыжко, Е. С. Смирнов // Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства и сельских территорий : сб. статей VII Международной науч.-практ. конф. – Саратов : ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2018. – С. 130-134.

121. Рыжко, Н. Ф. Технические решения по модернизации дождевальных машин кругового действия и результаты их внедрения / Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смир-

нов, Н. В. Рыжко, С. Н. Рыжко // Орошаемое земледелие. – 2019. – № 2. – С. 21-24.

122. Рыжко, Н. Ф. Регулирование расхода воды дождевальными машинами для снижения потребления электроэнергии на полив / Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, Н. В. Рыжко, С. Н. Рыжко, Е. А. Шишенин // Инновации природообустройства и защиты окружающей среды : материалы I Национальной науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Саратов : ООО «КУБиК», 2019. – С. 105-109.

123. Рыжко, Н. Ф. Рекомендации по снижению потребления электроэнергии при поливе многоопорными дождевальными машинами / Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, Н. В. Рыжко, С. Н. Рыжко, П. Г. Фомина. – Саратов : ООО «Орион», 2019. – 25 с.

124. Рыжко, С. Н. Совершенствование технологии полива многоопорными дождевальными машинами кругового действия / С. Н. Рыжко, Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, Е. А. Шишенин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2020. – № 3 (79). – С. 16-20.

125. Рыжко, Н. Ф. Технические решения для модернизации дождевальных машин вантовой конструкции / Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, Н. В. Рыжко, С. Н. Рыжко, Е. А. Шишенин // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях : материалы VII Международной науч.-практ. конф. – Саратов : ООО «Амирит», 2020. – С. 64-68.

126. Рыжко, Н. Ф., Рекомендации по эксплуатации многоопорной дождевальной машины «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом / Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, Н. В. Рыжко, С. Н. Рыжко, Е. А. Шишенин, С. В. Ботов. – Саратов : ООО «Орион», 2020. – 25 с.

127. Рыжко, С. Н. Технология и технические средства для внесения удобрений через полиэтиленовый трубопровод на дождевальных машинах типа «Волга» / С. Н. Рыжко, Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов // Концептуальные аспекты современного состояния и развития мелиорации и эффективного использования водных ресурсов : сб. науч. трудов по материалам науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвященной 55-летию образования ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». – Саратов,

2021. – С. 107-112.

128. Рыжко, Н. Ф. Энергосбережение при поливе дождевальными машинами «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом / Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, С. Н. Рыжко, Е. А. Шишенин // Основы рационального природопользования : материалы VII национальной конференции с междунар. участием. – Саратов : ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2021. – С. 58-62.

129. Рыжко, Н. Ф. Снижение ресурсов при переводе дождевальных машин на низконапорный режим работы / Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, С. Н. Рыжко, Е. А. Шишенин // Основы рационального природопользования : материалы VII национальной конференции с междунар. участием. – Саратов : ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2021. – С. 62-66.

130. Рыжко, С. Н. Технология и технические средства для внесения удобрений через полиэтиленовый трубопровод на дождевальных машинах типа «Волга» / С. Н. Рыжко, Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов // Концептуальные аспекты современного состояния и развития мелиорации и эффективного использования водных ресурсов : сб. науч. трудов по материалам науч.-практ. конф. с междунар. участием. – Саратов : ООО «Орион», 2021. – С. 107-112.

131. Рыжко, Н. Ф. Многофункциональное использование многоопорных дождевальных машин с полиэтиленовым трубопроводом / Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, С. Н. Рыжко, А. В. Смаржиев // Актуальные направления развития мелиоративного комплекса : сб. науч. тр. по материалам Международной науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию создания ФБГНУ «РосНИИПМ» (Новочеркасск, 10 сентября 2021 г.). – Новочеркасск : РосНИИПМ, 2021. – С. 183-191.

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

133. Рыжко, С. Н. Совершенствование дождевальной машины ферменной конструкции для улучшения технических характеристик и качественных показателей полива : дис. ... канд. техн. наук : 06.01.02 / Рыжко Сергей Николаевич. –

Саратов, 2022. – 161 с.

134. Рыжко, Н. Ф. Ресурсосбережение – как основа совершенствования многоопорных дождевальных машин / Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, С. Н. Рыжко, С. А. Хорин // Природообустройство. – 2022. – № 1. – С. 12-19.

135. Рыжко, Н. Ф. Повышение эффективности многоопорной дождевальной машины «Волга-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом / Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, С. Н. Рыжко, С. А. Хорин // Аграрный научный журнал Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова. – 2022. – № 4. – С. 92-95.

136. Рыжко, Н. Ф. Энергосбережение при поливе многоопорной дождевальной машиной «Волга-СМ» / Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, С. Н. Рыжко, Д. Г. Горюнов // Научная жизнь. – 2023. – Т. 18. № 1 (127). – С. 20-29.

137. Рыжко, Н. Ф. Совершенствование дождевальных машин и устройств для мелиоративного комплекса : науч.-практ. изд. / Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, С. Н. Рыжко, Е. А. Шишенин, Б. Н. Бельтиков. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 124 с.

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

139. Синеоков, Г. П. Проектирование почвообрабатывающих машин / Г. П. Синеоков. – М. : Машиностроение, 1965. – 312 с.

140. Смирнов, Е. С. Технические решения для повышения проходимости многоопорной дождевальной машины «Волга-СМ» / Е. С. Смирнов // Вавиловские чтения – 2022 : сб. статей международной науч.-практ. конф., посвященной 135-й годовщине со дня рождения академика Н. И. Вавилова. – Саратов : ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2022. – С. 779-782.

141. Снопич, Ю. Ф. Интенсификация технологий и совершенствование технических средств орошения дождеванием : дис. ... д-ра техн. наук : 06.01.02 / Снопич Юрий Федорович. – Саратов, 2011. – 340 с.

142. Соловьев, Д. А. Повышение проходимости многоопорных дождеваль-

ных машин / Д. А. Соловьев, Н. Ф. Рыжко, Е. С. Смирнов, С. Н. Рыжко // Научная жизнь. – 2022. – Т. 17. № 6 (126). – С. 864-872.

143. Степанов, П. М. Справочник по гидравлике для мелиораторов / П. М. Степанов, И. Х. Овчаренко, Ю. А. Скобельцын. – М. : Колос, 1984. – 207 с.

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

145. Стратегия восстановления и устойчивого развития мелиоративного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года / ФГБНУ ВНИИ «Радуга». – М., 2020. – 150 с.

146. Сухарев, Д. В., Журба В.В., Чайка Е.А. Комплексный подход к оценке и повышению эксплуатационной надежности дождевальной машины «Фрегат» / Д. В. Сухарев, В. В. Журба, Е. А. Чайка // Научный журнал КубГАУ. – 2016. – № 120. – С. 1-15.

147. Угрюмов, А. В. Низконапорные короткоструйные насадки широкозахватной техники / А. В. Угрюмов, [и др.] // «Мелиорация и водное хозяйство». – М., 1981. – Вып. 10. – С. 4-15.

148. Федоренко, И. Д. О структуре искусственного дождя / И. Д. Федоренко // Труды института гидротехники и мелиорации. – М., 1936. – Т. 18. – С. 107-123.

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

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

151. 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. – Новочер-

касск, 1979. – Вып. 37. – С. 68-75.

152. 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.

153. 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.

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

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

156. Чунихин, В. И. Современная оросительная мелиорация – основа развития сельскохозяйственного производства / В. И. Чунихин // Орошаемое земледелие. – Волгоград., 2015. – № 2. – С. 21-22.

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

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

159. 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.

160. 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.

161. 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.

162. Штангей, А. И. Испарение воды с дождевального облака при поливе

машиной «Фрегат» / А. И. Штангей // Метеорология и гидрология. – 1977. – № 10. – С. 72-76.

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

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

165. 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.

166. 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.

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

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

169. 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.

170. 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.

171. Soiomon K., Berdek S. Применение алгоритма для описания схем распределения дождя. Trans ASAE 11980. 23. 4.146941 Б Charaterizing Sprinler Distribution patterns with a clastering Algjritm.

172. Райков Р. Определение поперечного распределения дождя при дождевании в сочетании с прямолинейным равномерным движением. – «Селскостопанска техника». – 1972. – № 5.

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

174. Alexandresen O. Методика расчета конструктивных параметров дождевальных установок. Hidrotechika 1983.18.3.128-135. П. 30413. Реф. журнал «Мелиорация», 1973, № 12.

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

176. Okamura S. Teoreticka studie o vodnimpraprskuzpostřikavačev podminka čhbezvětri. Vodni hospadaritvi 1970, № 7.

177. Okamura S. Teoreticka studie o pohybuvadni hopaprskuzpo střikava čepripuso benivětri. Vodni hospadaritvi 1970, № 8.

178. OkamuraS. Pozdelenivalikosti vodnichk apekvpraprskuzpostřikavače.Vodni hospadaritvi 1970, № 8.

179. Mirschel W. Model zur bustmming, des mitteleren Tropfendurchmess entlang dem Wurfradins bei Drehstabregnen. Arch, Acker u Pflanzenbau und Badencol. Berlin 28 (1984) Б.С. 313 – 321.

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

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

182. Schafer W., Koitzsch K. Wasserverluste durh Verdaenstung Wahrend der Beregnung – Arch. Aker. – uPflanrenbanundBodenkd. 1974, 18, 12: 881 – 886.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Таблица А1 – Карта настройки дефлекторных насадок ДМ «Волга-СМ»

(число опор – 12 в ОПХ «ВолжНИИГиМ»)

№ тел	№ насад	Диаметр сопла, мм		Напор на выходе, атм		Объём воды в баке, л	Время замера, с	Расход воды, л/с
		ст	пэ	ст	пэ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1	4						0,37
	2	4		4		50	135	0,37
1								
	3		4		4	50	144	0,35
	4	4		4,2		50	127	0,39
	5		4					0,35
	6	4						0,39
	7		4					0,35
2								
	8		4		3,6	50	126	0,4
	9	4		3,8		50	230	0,21
	10	4						0,21
	11		4					0,4
3								
	12		4					0,54
	13	5		3,95		50	82	0,61
	14		5		3,35	50	93	0,54
	15	5						0,61
	16		5					0,54
4								
	17		5		2,95	50	94	0,53
	18	5		3,85		50	84	0,6
	19	5						0,6
	20		5					0,53
5								
	21		6		2,65	50	62	0,81
	22	6		3,8		50	54	0,93
	23	6						0,93
	24		6					0,81
6								
	25		6		2,6	50	64	0,78

Продолжение Таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	26	6		3,8		50	56	0,89
	27	6						0,89
	28		6					0,78
7								
	29		7		2,45	50	54	0,93
	30	7		3,7		50	45	1,11
	31	7						1,11
	32		7					0,93
8								
	33		7,7		2,25	50	56	0,89
	34	7,7		3,7		50	46	1,09
	35		7,7					0,89
	36	7,7						1,09
	37		7,7					0,89
9								
	38		8		2,45	50	42	1,2
	39	8		3,65		50	38	1,3
	40		8					1,2
	41	8						1,3
	42		8					1,2
10								
	43		9		2,1	50	50	1,0
	44	9						1,6
	45		9					1,0
	46	9		3,65		50	31	1,6
	47		9					1,0
11								
	48		10					1,5
	49		10		1,5	50	37	1,4
	50		10					1,4
	51		10		1,9	50	33	1,5
12								
	52		10		1,9	50	33	1,5
	53		8		1	50	67	0,75
	54	7,9-5,6		3,4				1,87
					Работа гидроцилиндров			1,1 л/с
					Протечки на гидроприводе			1,9 л/с
					Общий расход машины			50 л/с

Таблица А2 – Распределение расхода воды в начальной части дождевальной машины при опыте № 2

№ тел	№ насад	Диаметр сопла, мм		Напор на выходе, атм		Объём воды в баке, л	Время замера, с	Расход воды, л/с
		ст	пэ	ст	пэ			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1	2,2						0,11
	2	2,2		4		50	135	0,11
1								
	3		3,2		4	50	144	0,23
	4	3,2		4,2		50	127	0,23
	5		3,2					0,35
	6	3,2						0,23
	7		3,2					0,23

Таблица А.3 – Значения распределение воды в дождемерах (опыт № 1)

Расстояние от неподвижной опоры, м	№ те- лежки (1 ряд)	Объем воды в дождемере, мл	№ те- лежки (2 ряд)	Объем воды в дождемере, мл	№ те- лежки (3 ряд)	Объем воды в дождемере, мл
1	2	3	4	5	6	7
46						
50	2	1310	2	1310	2	1000
54						
58		1280		1300		1080
62		1200		1080		1220
66		1520		1730		1800
70		2480		2100		2200
74	3	2230	3	1590	3	1230
78		2200		2150		1930
82		1540		1990		2250
86		1530		1500		1540
90		1840		2000		2800
94		2170		2230		1700
98		1470		1380		1350
102	4	1420	4	1470		1420
106		1770		2020	4	1930
110		1300		1290		1440
114		1300		1380		1250
118		1350		1440		1650
122		1150		1310		1210
126		1460		1380	5	1460
130	5	1000	5	1010		1410
134		1710		2010		2320
138		2150		2080		1660

Продолжение Таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7
142		2100		2010		1160
146		1090		900		1100
150		1900		1740		1790
154	6	2150	6	1380	6	2260
158		1150		1400		1410
162		1400		1420		1190
166		1550		1420		1700
170		1780		1520		1430
174		1480		1380		1550
178		1440				
182	7	1850	7	1820	7	1840
186		1520		1370		1320
190		1740		1760		1860
194		1130		1000		1170
198		1550		1550		1260
202		700		530		800
206	8	1250	8	710	8	870
210		780		1130		1210
214		1460		1830		2020
218		1210		850		1300
222		1450		1460		1630
226		1510		1130		1600
230		1480		1440		1530
234		1350	9	1130	9	1210
238	9	1710		1250		1190
242		1230		1360		1400
246		1270		1150		1280
250		1570		1340		1480

Продолжение Таблицы А.3

1	2	3	4	5	6	7
254		1580		1510		1640
258		1420		1100		1400
262		1490		1220		
266	10	950	10	880	10	1080
270		1100		890		1080
274		1200		1040		1240
278		1300		1130		1320
282		1530		1720		1590
286		1810		1310		1710
290		1080		1190		1430
294	11	1180	11	1030	11	1150
298		1010		940		1080
302		1020		1070		1180
306		960		910		960
310		1320		1140		1210
314		1130		1250		1330
318		1050				
322	12	950	12	820	12	950
326		1000		1130		1300
330		1330		850		1000
334		1300		1350		1570
338	к.	600		980		1100
Средние значения		1423,472		1359,857		1445,362

Таблица А.4 – Значения распределение воды в дождемерах (опыт № 2)

Расстояние от неподвижной опоры, м	№ те- лежки (1 ряд)	Объем воды в дождемере, мл	№ те- лежки (2 ряд)	Объем воды в дождемере, мл	№ те- лежки (3 ряд)	Объем воды в дождемере, мл
1	2	3	4	5	6	7
6						
10						
14		510		940		250
18	1	300	1	270	1	150
22		270		220		150
26		670		650		350
30		650		650		480
34		670		660		600
38		460		550		500
42		400		420		450
46		360		450	2	470
50	2	440	2	480		500
54		500		570		540
58		470		530		610
62		190		220		250
66		310		310		360
70		370		440	3	580
74	3	670	3	710		850
78		740		610		570
82		500		400		600
86		350		350		390
90		650		600		700
94		560		590		610
98		590		770		560
102	4		4		4	
106		380		720		470
110		520		460		510

Продолжение Таблицы А.4

1	2	3	4	5	6	7
114		420		350		380
118		440		400		450
122		390		350		370
126	5	480	5	440	5	560
130						
134						
138						
142						
146						
150		400	6	370		530
154	6	120		500	6	530
158		440		460		460
162		550		440		500
166		340		320		320
170		460		370		420
174		540		530		560
178	7	870	7	770	7	540
182		650		640		590
186		380		380		410
190		420		550		500
194		380		420		440
198		440	8	500		450
202	8				8	
206		450		430		580
210		280		280		300
214		530		500		530
218		370		420		450
222		490		490		420
226		520		460		460
230		570	9	450	9	530
234	9	600		590		470
238		450		520		420

Продолжение Таблицы А.4

1	2	3	4	5	6	7
242		570		500		610
246		410		380		430
250		570		450		690
254		410		500		510
258		420		450		430
262	10	580	10	610	10	550
266		520		530		600
270		290		280		320
274		450		570		400
278		480		530		530
282		370		360		400
286		490		450		370
290	11	580	11	570	11	850
294		420		330		530
298		320		310		300
302		410		400		340
306		340		330		430
310		390		290		320
314		550	12	440	12	500
318	12	430		340		320
322		370		300		310
326		210		160		240
330		370		300		360
334		460		320		320
Средние значения		458,378		462,162		463,919

Таблица А.5 – Значения распределение воды в дождемерах (опыт № 3, 1-й ряд) без учета значений дождемеров от слива воды из гидропривода и в зоне полива насадок с завышенными расходами воды и концевого аппарата

Расстояние от неподвижной опоры, м	№ те- лежки (1 ряд)	Объем воды в дождемере, мл	Расстояние от неподвижной опоры, м	№ те- лежки (1 ряд)	Объем воды в дождемере, мл
1	2	3	4	5	6
6			174		770
10			178	7	
14		700	182		
18	1	440	186		600
22		180	190		760
26		980	194		640
30		610	198		620
34		700	202	8	
38		500	206		450
42		450	210		470
46		410	214		790
50	2	520	218		630
54			222		620
58		320	226		610
62		620	230		800
66		430	234	9	830
70		750	238		580
74	3		242		760
78			246		610
82		730	250		540
86		600	254		800
90		770	258		650
94		880	262	10	650
98		810	266		670

Продолжение Таблицы А.5

1	2	3	4	5	6
102	4		270		390
106		700	274		660
110		690	278		700
114		480	282		540
118		700	286		640
122		500	290	11	840
126		660	294		530
130	5	730	298		460
134		560	302		550
138		940	306		580
142		330	310		420
146		280	314		730
150		620	318	12	500
154	6	620	322		650
158		650	326		400
162		730	330		650
166		520	334		450
170		710	338		450
				Средние значения	610,800

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И
ОБРАЗОВАНИЯ**

**ФГБУ «ПОВОЛЖСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ЗОНАЛЬНАЯ
МАШИНОСПЫТАТЕЛЬНАЯ СТАНЦИЯ»**



ПРОТОКОЛ № 08-11П-2015

от 30 октября 2015 года

***ПРИЁМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ «ВОЛГА-СМ»
С ПОЛИЭТИЛЕНОВЫМ ТРУБОПРОВОДОМ***

(по договорам № 19/1п-15 от 19 мая 2015 года
№ 25/1п-15 от 1 июля 2015 года)

г. Кинель 2015 г.

ТАМОЖЕННЫЙ СОЮЗ

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ ТС RU C-RU.AE56.B.00483

Серия RU № **0140294**

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ Орган по сертификации продукции и услуг Общества с ограниченной ответственностью "Самарский центр испытаний и сертификации". Место нахождения: улица Шверника, 15, город Самара, Самарская область, Российская Федерация, 443029. Фактический адрес: улица Шверника, 15, город Самара, Самарская область, Российская Федерация, 443029. Телефон +7 (846) 266-16-21, 222-48-85, факс +7 (846) 222-48-82, 222-48-83, адрес электронной почты zamcis@samcni.ru. Аттестат аккредитации № RA.RU.10AE56 выдан 05.08.2015 Федеральной службой по аккредитации.

ЗАЯВИТЕЛЬ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации". ОГРН: 1026401980142. Место нахождения: улица Гагарина, дом 1, рабочий поселок Приволжский, Энгельский район, Саратовская область, Российская Федерация, 413123. Фактический адрес: улица Гагарина, дом 1, город Энгельс, Саратовская область, Российская Федерация, 413123. Телефон +7(8453)75-44-20, факс +7(8453)75-42-17, адрес электронной почты volznigim@bk.ru.

ИЗГОТОВИТЕЛЬ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации". Место нахождения: улица Гагарина, дом 1, рабочий поселок Приволжский, Энгельский район, Саратовская область, Российская Федерация, 413123. Фактический адрес: улица Гагарина, дом 1, город Энгельс, Саратовская область, Российская Федерация, 413123.

ПРОДУКЦИЯ Дождевальная машина "Волга-СМ" с полиэтиленовым трубопроводом. Продукция изготовлена в соответствии с ТР ТС 010/2011 "О безопасности машин и оборудования", ТУ 4734-001-04636775-2015 "Дождевальная машина "Волга-СМ" с полиэтиленовым трубопроводом. Технические условия". Серийный выпуск.

КОД ТН ВЭД ТС 8424 81 300 0

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ ТР ТС 010/2011 "О безопасности машин и оборудования"

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН НА ОСНОВАНИИ протокол испытаний № 37-56-2015 от 19.11.2015, выданный Испытательным центром Автономной некоммерческой организации "Поволжский агротех тест центр", регистрационный номер аттестата аккредитации РОСС RU.0001.21MC37 от 28.10.2011 по 28.10.2016; акт о результатах анализа состояния производства № 23710 от 15.12.2015; обоснование безопасности ВОЛГА-СМ-001-04636775-2015 КОБ от 24.10.2015

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ Адреса производственных площадок (Приложение, бланк № 0150300). Гарантированный срок эксплуатации - один полевой сезон с момента подписания покупателем акта проведения пуско-наладочных работ, выполненных специалистами службы сервиса завода - изготовителя. Место нанесения знака обращения на рынке: на изделии и на сопроводительной технической документации. Схема сертификации: 1с.

СРОК ДЕЙСТВИЯ С 25.12.2015 **ПО** 24.12.2020 **ВКЛЮЧИТЕЛЬНО**

М.П. Руководитель (уполномоченное лицо) органа по сертификации _____ **С.С. Булгаков**
(подпись, фамилия)

Эксперт (эксперт-аудитор) _____ **А.Ф. Старочкин**
(эксперты (эксперты-аудиторы)) _____ (подпись, фамилия)

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

от 30.11.2017 г.

1. **Наименование организации и объекта, где внедрено мероприятие:**
ОПХ «ВолжНИИГиМ» Энгельского района, Саратовской области
2. **Шифр работы, наименование мероприятия, по какому плану внедрялось:**
«Разработать и внедрить модернизированные низконапорные дождевальные машины для повышения надежности работы закрытой оросительной сети»
3. **Наименование научной организации, проводящей научную разработку и опытное освоение внедряемого мероприятия:**
ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации»
руководитель работы – зав. отделом, д-р техн. наук Рыжко Н.Ф., исполнители: Рыжко С.Н., Смирнов Е.С.
4. **Срок внедрения мероприятия:** 2017 г.
5. **Краткая характеристика и новизна внедряемого мероприятия, взамен чего внедряется:**
Дождевальная машина Волга-СМ со стальным \varnothing 108-76 мм и полиэтиленовым трубопроводом \varnothing 110-90 мм, с дождевальными насадками, установленными по учащенной схеме через 5 и 6 м, в районе тележек на открылках длиной 2,2 м смонтированы дождевальные насадки с заданным углом полива, на рамах опор смонтированы подтележечные щитки.
Преимущества разработанной машины:
– масса водопроводного трубопровода снижена на 12 %, стоимость трубопровода уменьшена на 231 тыс. руб;
– срок службы полиэтиленового трубопровода увеличен до 40-50 лет;
– снижение давления на входе с 0,53 до 0,4 МПа (на 32 %) при двухтрубном водопроводящем трубопроводе;
– учащенная расстановка дождевальных насадок повышает величину перекрытия струи и равномерность полива на 15-37 % до 0,62-0,72;
– мелкокапельный дождь со средним диаметром 0,37-0,69 мм снижает энергетическое воздействие, затопление и разрушение почвы, повышает норму полива до стока.
Применение модернизированных дождевальных насадок с углом полива 280° на открылках в районе тележек, разбрызгивающих насадок сливной системы гидропривода, а также подтележечных щитков исключает или значительно снижает попадание оросительной воды под колеса тележек и обеспечивает значительное снижение глубины колеи с 20-30 см до 5-9 см.
6. **Основные показатели внедренного мероприятия:**
 - а) фактический объем внедрения в натуральных показателях
Дождевальная машина «Волга-СМ», число опорных тележек – 12 шт., длина машины – 328 м, расход воды – 50 л/с, давление на входе 0,4 МПа, площадь полива – 41,3 га.
 - б) эффективность внедрения
Годовой экономический эффект составит 60 тыс. рублей на машину.



Врио директора
ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»

Ю.А. Гопкалов

М.п.



Директор
ОПХ «ВолжНИИГиМ»

Д.Г. Кайбаиев

Таблица Д.1 – Технические характеристики дождевальной машины «ВОЛГА-СМ» с полиэтиленовым трубопроводом

Показатель, характеристика	Ед. изм.	Значение			
Напор на гидранте	МПа	0,42			
Напор на входе в машину	МПа	0,40			
Расход воды машины	л/с	50,0			
Длина машины	м	328			
Число опор	шт.	12			
Диаметр основного полиэтиленового трубопровода					
-от неподвижной опоры до тележки № 11	мм	110			
-между тележками № 11 и № 12 и на консольной части	мм	90			
Диаметр и толщина стенки дополнительного стального трубопровода					
-от неподвижной опоры до тележки № 12	мм	108х3,5			
-на консольной части	мм	108х3,5 – 10 м 76х3,5 – 5 м			
Концевой дождевальный аппарат полиэтиленовый (конструкции ВолжНИИГиМ)					
-диаметр основного и дополнительного сопла	мм	7,9-5,6			
-расход воды при рабочем напоре 0,30-0,35 МПа	л/с	1,8-2,0			
-радиус захвата дождем	м	17-20			
Рабочая ширина захвата дождем машины в зависимости от скорости и направления ветра,	м	347-350			
Площадь полива машины	га	37,5			
Тип дождевателя – дефлекторные насадки кругового полива, установленные на трубопроводе машины через 5 и 6 м соответственно на 25- и 30-метровых пролётах.					
Радиус полива (рабочая ширина захвата дождем)					
-начало машины (пролёт между тележками № 1 и № 2)	м	4,5-5,0 (9-10)			
- середина машины (пролёт между тележками № 6 и № 7)	м	6,0-6,5 (12-13)			
-конец машины (пролёт между тележками № 11 и № 12)	м	7,0-8,0 (14-16)			
Площадь полива без перекрытия	м ²	4915			
Средняя интенсивность дождя (с перекрытием)	мм/мин	0,3-0,5			
Средний диаметр капель дождя	мм	0,6-0,9			
Коэффициент эффективного полива- при скорости ветра 3-4 м/с		0,70			
Потери воды на испарение и снос ветром	%	5-20			
Норма полива до стока	м ³ /га	300-350			
Коэффициент земельного использования орошаемой площади		0,98			
Глубина колеи в конце поливного сезона	см	7-9			
Количество обслуживающего персонала	чел.	один оператор на 3-4 ДМ			
Срок службы оборудования	лет	10			
Средний слой дождя за 1 проход машины в зависимости от цикличности гидропривода последней тележки:					
Цикличность гидропривода последней тележки, ход/мин	1,5	2,6	4,0	5,3	5,5
Скорость движения последней тележки, м/мин	0,246	0,426	0,656	0,869	0,902
Норма полива (слой дождя), мм	63,8	36,8	23,5	18,1	17,5
Время полива (оборота) машины, ч	133,1	76,8	49,3	37,8	36,3

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ
НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 178776

ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации" (ФГБНУ "ВолжНИИГиМ") (RU)*

Авторы: *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)*

Заявка № 2017135034
 Приоритет полезной модели **04 октября 2017 г.**
 Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **19 апреля 2018 г.**
 Срок действия исключительного права на полезную модель истекает **04 октября 2027 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

 Г.П. Ивлиев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) **RU** (11) **220 261** (13) **U1**
 (51) МПК
A01G 25/09 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
A01G 25/09 (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2023100426, 10.01.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
 10.01.2023

Дата регистрации:
 05.09.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.01.2023

(45) Опубликовано: 05.09.2023 Бюл. № 25

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),
 Салиенко Сергей Николаевич (RU),
 Бельтиков Борис Николаевич (RU),
 Рыжко Сергей Николаевич (RU),
 Салиенко Илья Сергеевич (RU),
 Смирнов Евгений Станиславович (RU),
 Шипенин Евгений Александрович (RU),
 Купцов Алексей Александрович (RU),
 Купцова Милена Сергеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
 научное учреждение "Волжский
 научно-исследовательский институт
 гидротехники и мелиорации" (ФГБНУ
 "ВолжНИИГиМ") (RU),
 Общество с ограниченной ответственностью
 "Осанна" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: RU 178776 U1, 19.04.2018. RU 208408
 U1, 16.12.2021. RU 160893 U1, 10.04.2016. US
 9683680 B1, 20.06.2017.

(54) **ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА**

(57) Реферат:

Полезная модель относится к сельскому хозяйству и может быть использована на дождевальных машинах с гидроприводом, перемещающихся по кругу.

Технической задачей полезной модели является: снижение массы и стоимости водопроводящего трубопровода, обеспечение внесения удобрительных растворов на всем орошаемом участке только через полиэтиленовые трубопроводы, а также уменьшение давление на входе в машину и энергоемкости полива почв.

Дождевальная машина кругового действия, состоящая из неподвижной опоры, дополнительного стального трубопровода, опирающегося на самоходные тележки с

гидроприводами, основного и дополнительных полиэтиленовых трубопроводов с устройствами приповерхностного полива и установленными на них дождевальными насадками, гидроподкормщика, емкости с химическим раствором и удобрительной трубки, посредством которой концентрированный раствор удобрений поступает через дюзы в основной и дополнительные полиэтиленовые трубопроводы, отличающаяся тем, что дополнительные полиэтиленовые трубопроводы соединены с дополнительным стальным трубопроводом через переходники в первой половине машины, а на консоли машины дополнительный полиэтиленовый трубопровод с концевым

RU 220261 U1

RU 220261 U1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11)

220 289⁽¹³⁾ U1(51) МПК
A01G 25/09 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
A01G 25/09 (2023.02)

(21)(22) Заявка: 2023100482, 10.01.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.01.2023Дата регистрации:
06.09.2023

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 10.01.2023

(45) Опубликовано: 06.09.2023 Бюл. № 25

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),
Салиенко Сергей Николаевич (RU),
Бельтиков Борис Николаевич (RU),
Рыжко Сергей Николаевич (RU),
Салиенко Илья Сергеевич (RU),
Смирнов Евгений Станиславович (RU),
Шипенин Евгений Александрович (RU),
Ботов Сергей Васильевич (RU),
Купцов Алексей Александрович (RU),
Купцова Милена Сергеевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
научное учреждение "Волжский
научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации" (ФГБНУ
"ВолжНИИГиМ") (RU),
Общество с ограниченной ответственностью
"Осанна" (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 170892 U1, 12.05.2017. RU 2087096
C1, 20.08.1997. RU 74033 U1, 20.06.2008. US
4735365 A1, 05.04.1988.

(54) ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА

(57) Реферат:

Полезная модель относится к сельскому хозяйству и может быть использована на дождевальных машинах, перемещающихся по кругу вокруг неподвижной опоры. Технической задачей полезной модели является уменьшение глубины колеи и повышение качества полива. Дождевальная машина, включающая неподвижную опору, напорный трубопровод, смонтированный на тележках с гидродолинтрами, отличающаяся тем, что на рамах тележек смонтированы подтележечные щитки длиной 2,2 м и шириной 0,4 м, а на открылках длиной 2,2 м в районе тележек смонтированы секторные насадки, одна из ножек которых снабжена

клином, который обеспечивает заданный угол полива 280-310°. Преимущество предлагаемой дождевальной машины в том, что подтележечные щитки отводят оросительную воду от любых протечек в районе тележек за зону прохода колес. Секторные насадки в районе тележек 3 обеспечивают полив в сторону, противоположную движению машины, что снижает попадание воды под колеса тележек, уменьшает глубину колеи после полива с 15-20 см до 5-9 см и не вызывает их буксование. Секторные насадки с большим углом полива 280-310° имеют меньшую интенсивность дождя в 1,5 раз по сравнению с секторными насадками 170-

RU 220289 U1

RU 220289 U1



НОВОЧЕРКАССКИЙ ИНЖЕНЕРНО-МЕЛИОРАТИВНЫЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ А.К. КОРТУНОВА -
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Шумаковские чтения
СЕРТИФИКАТ УЧАСТНИКА

выдан

Смирнову Евгению Станиславовичу

*Волжский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации, г. Энгельс, Россия*

в том, что он(а) принимал(а) участие во всероссийской научно-практической конференции
«Мелиорация и водное хозяйство. Инновационные технологии мелиорации,
водного и лесного хозяйства Юга России»

Председатель Ученого совета,
директор НИМИ Донской ГАУ, профессор

П.А. Михеев

Новочеркасск 2018 год



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА

СЕРТИФИКАТ

выдан

Шушпанову И.А., Рыжко Н.Ф., Смирнову Е.С.

участникам

**VIII Международной научно-практической конференции
“ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ”**

Проректор по научной
и инновационной работе,
д.э.н., профессор



И.Л. Воротников

г. Саратов, 16 мая 2019 г.





Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
Саратовский государственный аграрный
университет имени Н.И. Вавилова

Сертификат

участника

**IX Международной научно-практической конференции
«Инновации в природообустройстве
и защите в чрезвычайных ситуациях»**

**Смирнов
Евгений Станиславович**

**ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации»**

и.о. проректора по научной
и инновационной работе

И.Л. Воротников

Саратов,

27-28 апреля 2022 г.