

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Саратовский государственный аграрный уни-
верситет им. Н.И. Вавилова»**

На правах рукописи

Колганов Дмитрий Александрович

**ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА «ФРЕГАТ» С УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ
СИСТЕМОЙ ВОДОПОДАЧИ ДЛЯ ПОЛИВА В НИЗКОНАПОРНОМ
РЕЖИМЕ**

Специальность 06.01.02 –
Мелиорация, рекультивация и охрана земель

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук

**Научный руководитель: доктор технических наук,
доцент
Соловьев Д.А.**

Саратов – 2017

СОДЕРЖАНИЕ

	ВВЕДЕНИЕ	5
1	Состояние вопроса	10
1.1	Состояние и проблемы механизированного орошения при использовании дождевальных машин в России и других странах	10
1.2	Состояние орошения в Саратовской области	17
1.3	Анализ способов и техники полива	26
1.4	Обзор технических средств	30
1.4.1	Дождевальная техника первого поколения	30
1.4.2	Дождевальная техника второго поколения	32
1.4.3	Дождевальная техника третьего поколения	36
1.4.4	Дождевальная техника зарубежного производства	39
1.5	Существующие способы и методы снижения давления на ДМ «Фрегат»	44
1.6	Выводы	47
2	Теоретические основы совершенствования ДМ «Фрегат», обеспечивающее работу в режимах пониженного давления	49
2.1	Основные технические требования по совершенствованию и эксплуатации ДМ «Фрегат»	49
2.2	Обоснование конструктивных параметров ДМ «Фрегат», обеспечивающих работу в режимах при низких давлениях	50
2.3	Разработка гидравлической модели, алгоритма и прикладной программы расчета норм и продолжительности полива ДМ «Фрегат» при снижении давления ниже паспортной величины	55
2.4	Определение массы усовершенствованной ДМ «Фрегат» с полиэтиленовым трубопроводом	64
2.5	Выводы	65
3	Программа и методика исследований	67
3.1	Программа полевых и экспериментальных исследований эксплуатационных показателей серийной ДМ - 463-90 «Фрегат»	67

3.1.1	Цели и задачи полевых исследований	67
3.1.2	Краткая характеристика объектов исследований при испытаниях серийной ДМ 463-90 «Фрегат»	67
3.1.3	Методика проведения полевых исследований	68
3.1.4	Оценка энергозатрат на работу серийной ДМ «Фрегат»	70
3.2	Программа полевых и экспериментальных исследований эксплуатационных показателей усовершенствованной ДМ «Фрегат»	74
3.2.1	Цели и задачи полевых и экспериментальных исследований	74
3.2.2	Лабораторные испытания дождеобразующих устройств усовершенствованной ДМ «Фрегат»	74
3.2.3	Методика проведения лабораторных испытаний дождеобразующих устройств	76
3.3	Полевые исследования усовершенствованной ДМ «Фрегат», работающей в режиме пониженных давлений	81
3.3.1	Краткая характеристика объектов исследований при испытаниях усовершенствованной ДМ «Фрегат»	81
3.3.2	Методика проведения полевых исследований усовершенствованной ДМ «Фрегат»	82
3.3.3	Оценка энергозатрат на работу усовершенствованной ДМ «Фрегат»	84
3.4	Обработка результатов исследований	84
4	Результаты полевых и экспериментальных исследований	86
4.1	Результаты численного эксперимента по гидравлической модели	86
4.1.1	Результаты исследований по оптимизации параметров системы водоподдачи дополнительного трубопровода для обеспечения работы гидроцилиндров	90
4.2	Результаты полевых исследований эксплуатационных показателей серийной ДМ- 463-90 «Фрегат»	92
4.2.1	Оценка энергозатрат на работу серийной ДМ «Фрегат»	95

4.3	Результаты совершенствования ДМ «Фрегат», работающей в режимах при сниженных давлениях	98
4.4	Результаты лабораторных исследований усовершенствованной ДМ «Фрегат»	100
4.5	Результаты полевых исследований усовершенствованной ДМ «Фрегат»	102
4.5.1	Оценка энергозатрат на работу усовершенствованной ДМ «Фрегат»	108
4.6	Выводы	110
5	Экономическая эффективность результатов исследований и рекомендации производству	112
5.1	Результаты внедрения усовершенствованной ДМ «Фрегат»	112
5.2	Расчет экономической эффективности от внедрения усовершенствованной ДМ «Фрегат»	112
5.2.1	Оценка энергозатрат машины на подачу 1 м ³ оросительной воды на производство полива сельскохозяйственных культур при заданных нормах и сроках полива в режиме пониженных давлений	112
5.2.2	Расчет экономической эффективности от числа работающих ДМ «Фрегат»	116
5.3	Экономия электроэнергии при работе ДМ «Фрегат» на низком давлении	120
5.4	Ориентировочная стоимость усовершенствованной ДМ «Фрегат»	120
5.5	Выводы	122
	Заключение	124
	Рекомендации производству	126
	Перспективы дальнейшей разработки темы исследований	
	Список используемой литературы	
	Приложения	

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Орошение сельскохозяйственных культур является наиболее распространенным и перспективным видом гидротехнической мелиорации, который позволяет обеспечивать растения необходимым объемом влаги и питательными элементами, а также способствует оптимизации теплового режима приземного слоя воздуха.

Полив сельскохозяйственных культур в России и, в частности Саратовской области осуществляется главным образом дождеванием. При этом основной машиной для полива является дождевальная машина «Фрегат», которая хорошо себя зарекомендовала за 40 лет применения.

Машина обеспечивает хорошее качество дождя, автоматизацию полива, высокую надежность, а также позволяет использовать один вид энергии для обеспечения полива и передвижения машины.

Однако, практика эксплуатации показала, что дождевальная машина «Фрегат» не в полном объеме способна реализовать свои преимущества на орошении сельскохозяйственных культур в связи с высокой степенью энергоемкости.

Так, расход электроэнергии ДМ «Фрегат» на подачу 1000 м^3 воды составляет 350...600 кВт·ч., что приводит к повышенным расходам на энергоресурсы и как следствие повышению цен на производимую продукцию [62].

Таким образом, проблема энергоемкости широкозахватной ДМ «Фрегат» является актуальной и требует проведения научных исследований, теоретических и конструктивных проработок.

Степень разработанности темы. В работе особое внимание уделено вопросам снижения рабочего давления и энергоемкости ДМ «Фрегат».

Данные вопросы подробно рассмотрены в работах таких ученых, как: Н.М. Кошкин, А.И. Ким, В.Ф. Носенко, Г.В. Ольгаренко, Н.Ф. Рыжко, Ю.Ф. Снопич, Б.П. Фокин, однако способы снижения энергоемкости ДМ «Фрегат» предложенные авторами являются недостаточно эффективными, так как при их использовании

нарушается работа машины и режимы водообеспеченности орошаемых сельскохозяйственных культур.

Поэтому для эффективной эксплуатации ДМ «Фрегат», необходимо совершенствование конструкции машины, путем разработки новых узлов и деталей, обеспечивающих работу при следующих режимах:

- режим проведения полива при пониженных давлениях;
- режим работы, осуществляющий движение без полива.

Цель исследований – повышение энергетической эффективности ДМ «Фрегат» путем перевода машины в низконапорные режимы работы, за счет применения дополнительного трубопровода на привод ходового оборудования.

Задачи исследований:

1) Провести анализ технических решений направленных на снижение рабочего давления ДМ «Фрегат» и определить наиболее эффективное решение, позволяющее перевести машину в низконапорные режимы работ;

2) Разработать и определить конструктивные параметры и технические требования дополнительного трубопровода, обеспечивающего режимы работы при пониженных давлениях и движения без проведения полива;

3) Разработать гидравлическую модель, алгоритм и прикладную программу расчета норм и сроков полива ДМ «Фрегат» при работе в низконапорных режимах;

4) Установить полевыми исследованиями технологические параметры полива серийной машины при различных величинах давления, провести лабораторные и производственные исследования усовершенствованной конструкции ДМ «Фрегат», работающей при низком давлении с требуемыми сроками и нормами полива;

5) Провести сравнение экспериментальных и полевых исследований и оценить экономическую эффективность от внедрения усовершенствованной ДМ «Фрегат», работающей в режимах пониженного давления.

Научная новизна работы. Разработаны и обоснованы математические зависимости, описывающие процессы расчета норм и сроков полива ДМ «Фрегат» при снижении давления ниже паспортной величины.

Разработана и обоснована усовершенствованная конструкция дополнительного трубопровода, обеспечивающего требуемые нормы и продолжительность поливов при пониженных давлениях.

Результаты исследований усовершенствованной ДМ «Фрегат» в лабораторных и производственных условиях.

Новизна конструкции подтверждена патентом Российской Федерации на изобретение № 2016104855 от 07.06.17.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в разработке и обосновании математических зависимостей, описывающих процессы расчета норм и продолжительности полива ДМ «Фрегат» при снижении давления ниже паспортной величины.

Разработана и обоснована новая конструкция дополнительного трубопровода, обеспечивающая требуемые нормы и продолжительность полива при пониженных давлениях.

Практическая значимость работы заключается в том, что проведение исследований завершено внедрением в орошаемое хозяйство усовершенствованной ДМ «Фрегат», что обеспечит экономию затрат электроэнергии на 16-36%.

Методология и методы исследований. Задачи, поставленные в диссертации, решались проведением теоретических и производственных исследований. Теоретические исследования выполнялись на основе существующих положений, законов и методов математики и математической статистики.

Экспериментальные исследования выполнялись с учетом общепринятой методики проведения экспериментов (СТО АИСТ 11.1-2010), действующих стандартов (ГОСТ Р 53056-2008), нормативных документов и включали лабораторные и производственные исследования параметров и показателей полива ДМ «Фрегат», как при стандартных так и при низконапорных режимах работы.

Расчет и обработка результатов исследования выполнялись при помощи компьютерных средств, методами математической статистики с использованием пакетов прикладных программ STATISTICA 12.7, Microsoft Excel 2010.

Научные положения, выносимые на защиту:

- гидравлическая модель расчета норм и продолжительности полива ДМ «Фрегат» при снижении давления ниже паспортной величины;
- параметры и режимы работы усовершенствованной конструкции ДМ «Фрегат», обеспечивающей требуемые нормы и продолжительность полива при низких давлениях;
- результаты производственных исследований, подтверждающие эффективность использования усовершенствованной низконапорной ДМ «Фрегат», с дополнительным трубопроводом. Экономические показатели работы усовершенствованной ДМ «Фрегат».

Апробация результатов исследований. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международных научно-практических конференциях: «Математические методы в технике и технологиях» ФГБОУ ВО Саратовский ГТУ им. Ю.А. Гагарина (2015 г.); «Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства», ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ(2015 г.); «Техногенная и природная безопасность» IV ТПБ-2017 ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ (2017 г.); конференции молодых ученых, аспирантов и студентов ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ(2015-2016 г.); конференции профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ (2015-2017 гг.).

На выставках и конкурсах: Всероссийская агропромышленная выставка «Золотая Осень» г. Москва, (2015 г.), Всероссийский конкурс на лучшую научно-инновационную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых «Грант ректора СГАУ» (2016), Научный конкурс «Научный Stund Up» Саратовский ГАУ (2017 г.), Всероссийский конкурс на лучшую научно-инновационную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых «Грант ректора СГАУ» (2017).

Усовершенствованная ДМ «Фрегат» внедрена в ООО «Наше Дело» Марковского района Саратовской области в 2016 г. на участке № 15 для орошения кукурузы. Годовой экономический эффект от внедрения на одной ДМ «Фрегат» составил 83970 руб.

Публикации. Основные положения диссертационной работы опубликованы в 8 работах, в т.ч. 4 статьи в изданиях, рекомендованных ВАК, 1 патент РФ на изобретение, 1 патент на полезную модель. Общий объем публикаций составляет 2,4 печ.л., из них лично соискателя – 1,72.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованной литературы содержащего 125 наименований и приложения. Работа изложена на 126 страницах текста содержит 20 таблиц, 39 рисунка и 14 приложений. Список использованной литературы включает 125 источников, в том числе 10 на иностранном языке.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Состояние и проблемы механизированного орошения при использовании дождевальных машин в России и других странах

Наиболее распространенным видом гидротехнической мелиорации является орошение. Оно применяется там, где естественное увлажнение почвы атмосферными осадками невозможно, либо недостаточно для получения стабильных и высоких урожаев. Анализ мирового опыта показывает, что получение высоких и стабильных урожаев затруднительно без применения орошения, так как оно позволяет обеспечить благоприятные условия для произрастания растений, а производство некоторых культур (рис, хлопчатник) практически невозможно без проведения орошения [26].

Уровень урожайности сельскохозяйственных культур на орошаемых землях превышает урожайность на богарных землях: зерновых культур – в 2,5 раза, овощей – в 1,5 раза, кормовых культур – в 3 раза [11,26,38,112,121]. Широкое развитие орошение сельскохозяйственных культур получило во второй половине 20 века в таких странах как Германия, Англия, США, Франция и Россия.

По данным Института мировых ресурсов (World Resources Institute) и на основании доклада Министерства сельского хозяйства Российской Федерации (Состояние земель сельскохозяйственного назначения), доля мелиорированных земель в развитых странах на 2016 год, составляет от общей площади пашни: в США 39 %, Индии 35,7 %, Китае 54,8 %, в России 7,9 % (Таблица 1.1) [7, 11,26,120,122].

Актуальность применения орошения в настоящее время объясняется и тем, что происходит потепление климата и смещение количества выпадающих осадков с весенне-летнего периода на осенне-зимний, при этом дефицит водного баланса возрастает, что негативно сказывается на развитии и росте сельскохозяйственных культур, помимо этого большой урон сельскому хозяйству наносят затяжные засухи [26].

По оценке UNEP (программа ООН, направленная на защиту окружающей среды) [79], ежегодно в мире 6 млн.га земель переходят в разряд богарных. Так за последние 5 лет, данному процессу подверглись 30 млн. га земель, в странах: Азии, Австралии, Южной Америки и Африки. Особенно страдают страны африканского континента [11,100,106,107,108,112,113,115,116,117,123].

Таблица 1.1- Наличие мелиорированных земель по государствам мира 01.01.2016

№	Государство	Общая площадь, млн.га.	Площадь пашни, млн.га.	Орошаемые земли, млн.га.	Доля от пашни, %	Мелиорированные земли, млн.га.	Доля от пашни %
1	США	962,9	179	22,4	12,5	69,9	39
2	Индия	328,7	169,7	54,8	32,3	60,6	35,7
3	Китай	959,8	135,55	54,4	40,13	74,4	54,8
4	Франция	55,1	19,58	2,2	11,24	4,7	24
5	Германия	35,7	12,02	0,48	4	5,38	44,7
6	Англия	24,3	5,92	0,1	1,7	4,75	80,3
7	Россия	1707,5	115,35	4,3	3,7	9,1	7,9
8	Всего	13425	1497,3	271,68	18,4	461,68	30,8

В России, более 70% сельскохозяйственных угодий расположены в недостаточно увлажненных и засушливых районах, в которых высокий и стабильный урожай, может быть достигнут только за счет применения орошения, в комплексе с другими видами мелиорации [50,93,97].

Помимо этого в некоторых странах ощущается острое истощение водных ресурсов, в результате этого именно их дефицит, а не ограниченность земельного фонда затрудняет развитие сельского хозяйства. По данным мировой и региональной статистики (World and regional statistics) [62], до 1/2 всех орошаемых земель в мире подвержены энергично протекающим процессам засоления и заболачивания, к таким странам относятся: Россия (Поволжье), юг Казахстана, юг Украины,

Средняя Азия, Северная Африка, некоторые районы Южной Америки и Австралии [39, 61, 66,110,115,119,124,123].

В России за годы перемен в экономической и политической жизни страны начала 90-х годов был нанесен большой ущерб орошаемому земледелию. В стране произошло сокращение общего объема орошаемых земель, была потеряна база по разработке и изготовлению дождевальной техники [46].

Это привело к тому, что площадь мелиорированных земель сократилась до 9,1 млн. га. При том, что в пик развития орошения (конец 80-х годов) на площадь мелиорированных сельскохозяйственных угодий приходилось 6,1 млн. га. На мелиорированных землях выращивалось 35 % растениеводческой продукции, включающей 10 млн. т кормовых культур, 6 млн.т зерна, 5,4 млн.т овощей [12,38].

Согласно данным Министерства сельского хозяйства РФ [33], на 2016 год общая площадь орошаемых земель составляет 4,28 млн.га, из которых в хорошем состоянии 2,27 млн.га, удовлетворительном 1,12 млн.га, неудовлетворительном 850 тыс.га, при этом поливалось 1,84 млн.га. Показатели наличия орошаемых земель, проведения поливов и реконструкции оросительных систем представлены в таблице 1.2.

Износ основных фондов оросительных систем по России составляет 69,1%, максимальная величина износа оросительных систем отмечены в Западно-Сибирском 77,6 % и Южном 72,6 % федеральных округах. Коэффициент полезного действия оросительных систем, которые построены до 1985 года, остается на низком уровне, что вызывает потери воды [20,33,93].

Одной из главных причин уменьшения орошаемых площадей является недостаточное финансирование строительства, реконструкции и эксплуатации мелиоративных объектов, в результате чего оросительные системы эксплуатируются по 20-30 лет без капитального ремонта, при том что дождевальная техника без ремонта и замены отслужила 3-4 нормативных срока. Из-за этого происходит резкое сокращение парка поливной техники, что приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур. [4,70].

Таблица 1.2 - Показатели наличия орошаемых земель, проведения поливов и реконструкции оросительных систем на 01.01.2016 г.

№ п/п	Федеральные округа	Общая площадь орошаемых земель, тыс. га	В том числе, тыс. га	
			Из них поливалось	Потребность в реконструкции
1.	ЦЕНТРАЛЬНЫЙ	480,05	66,79	359,5
2.	ЮЖНЫЙ	1111,06	394,66	484,60
3.	ПРИВОЛЖСКИЙ	895,54	388,43	361,60
4.	УРАЛЬСКИЙ	120,18	23,31	64,70
5.	СИБИРСКИЙ	499,80	191,90	207,10
6.	ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ	113,29	19,41	43,80
7.	СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ	17,66	0,30	14,10
8.	СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ	1023,17	380,12	365,00
9.	РОССИЯ	4284,6	1847,9	2373,4

Согласно данным департамента мелиорации РФ [33], парк дождевальной техники на 2016 год (Рисунок 1.1), составляет около 13,5 тысяч единиц техники и включает:

- 1) **30% Машины первого поколения**, такие как «ДДА-100М, МА»; «ДДН-100, 70»;
- 2) **60% Дождевальные машины второго поколения**, такие как ДМ «Фрегат», ДКШ «Волжанка».
- 3) **10% Дождевальные машины третьего поколения**, такие как ДМ «Кубань-ЛК», а так же ряд машин зарубежного производства таких фирм как:
 - Lindsay (США) выпускают машину марки «Zimatic» 9500 P/MP;
 - RKD (Испания) выпускают машину марки «Pivot»;
 - ПАО «Фрегат» (Украина) выпускают машину марки «ДМФ-К-Б17-878»;
 - Bauer (Германия) выпускают машину марки «Rain Star»;
 - Wade Rain (США) выпускают машину марки «Valley» [55, 76, 99, 100].

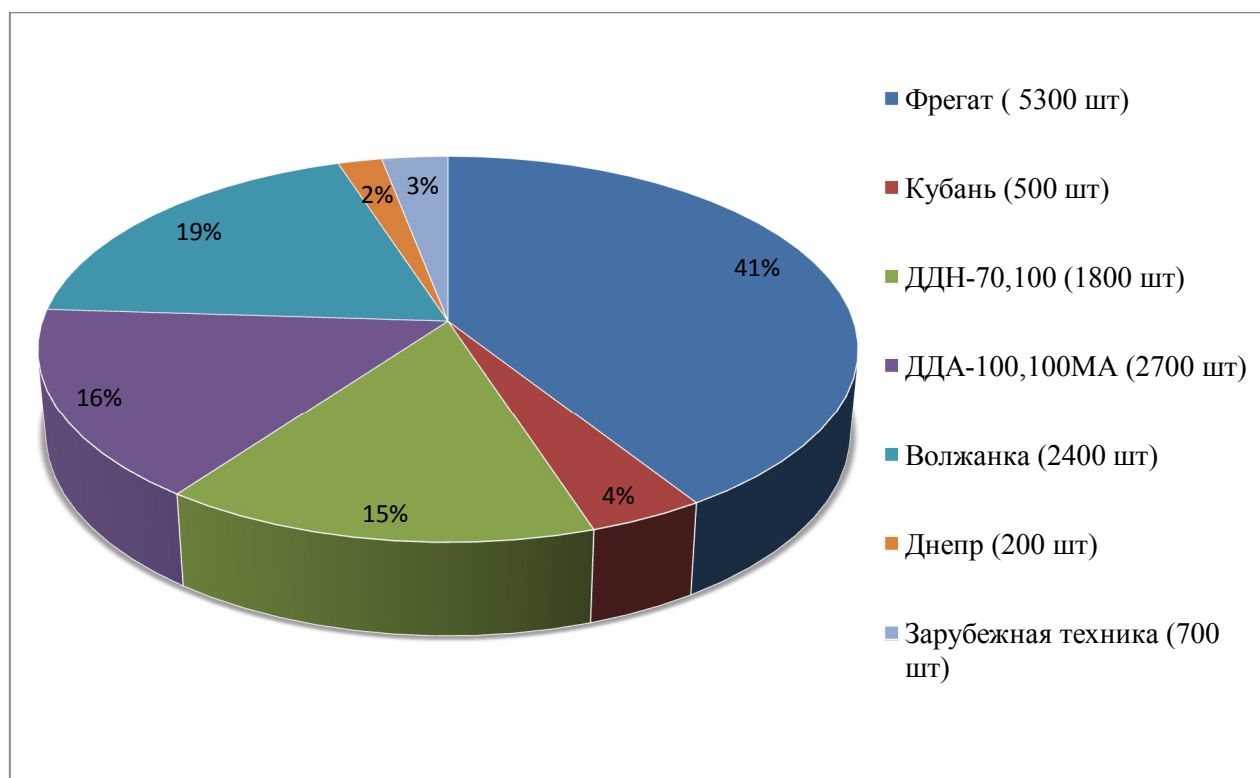


Рисунок 1.1 - Парк дождевальной техники РФ на 01.01.2016 г.

При этом имеющийся парк техники на 80% состоит из машин, отслуживших свой нормативный срок и большей своей частью представлен широкозахватными машинами типа «Фрегат», данные машины являются очень энергоемкими, паспортные значения режима работы составляют до 0,7 МПа.

Использование такой техники на орошении вызывает повышение себестоимости продукции, так как с использованием энергоемких машин возрастает и стоимость водоподдачи на полив, кроме того с каждым годом наблюдается систематическое повышение тарифов на подачу 1 м³ воды на поливные нужды.

Согласно данным статистики «Росстат» [83,25], построен график зависимости электроэнергии по годам, из которого следует, что за период 2010-2016 год стоимость электроэнергии увеличилась на 30%, что привело к повышению стоимости производимой продукции, график динамики повышения тарифов электроэнергии представлен на рисунке 1.2 [12, 65].

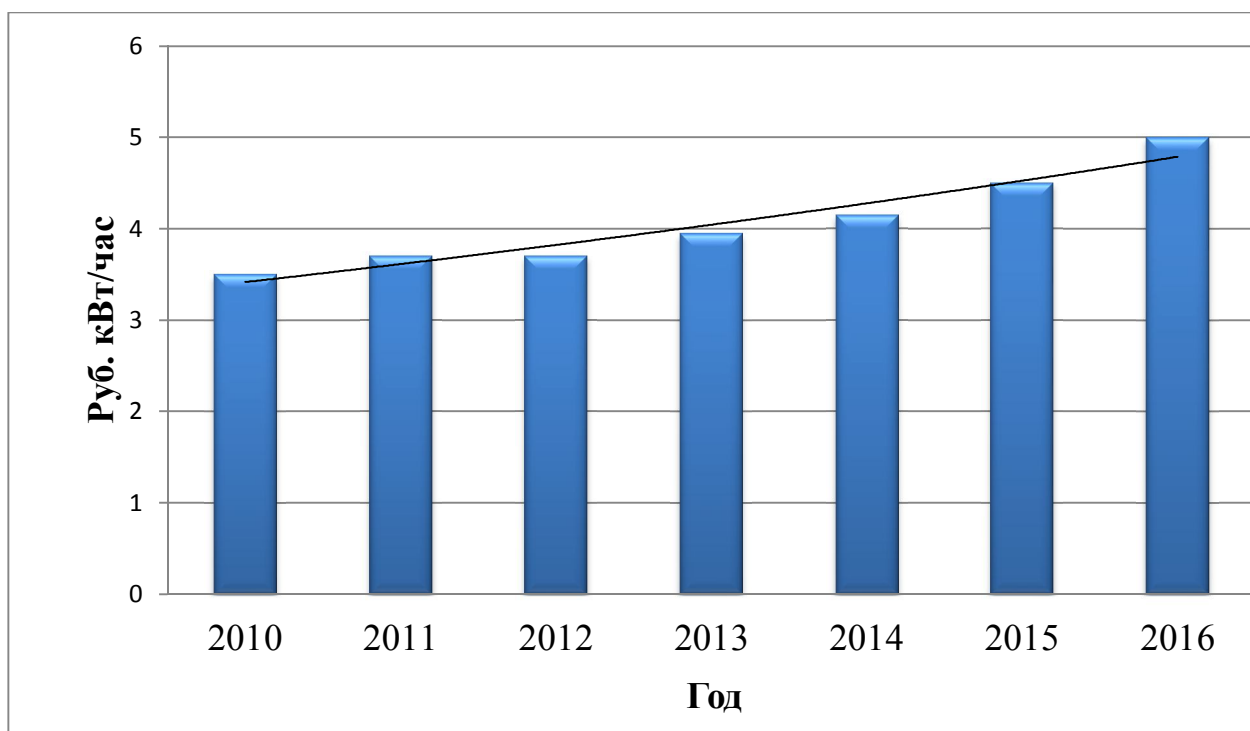


Рисунок 1.2 - Анализ повышения тарифов электроэнергии по годам

Для производства дождевальной техники и замены существующего парка в РФ имеются следующие предприятия:

- «Волгоградский завод оросительной техники», выпускающий дождевальные машины типа «ДДА-100ВХ», «ДД- 70В (100В)»;
- «ПО Кропоткинский машиностроительный завод «Радуга», г. Кропоткин, выпускающий дождевальные машины типа «Кубань» и «Ладога»;
- ООО «БСГ», г. Тольятти, изготавливает дождевальные машины типа «Фрегат», а так же запасные части и дождеобразующие устройства к данной технике;
- ООО «Агрополив СПб», г. Санкт-Петербург, изготавливает широкозахватные дождевальные машины «НЕВА КС»;
- ООО «САБОНагро», г. Гулькевичи, изготавливает широкозахватные дождевальные машины типа «Фрегат»;
- «Казанский завод оросительной техники», г. Казань, выпускает широкозахватную дождевальную машину «Казанка»;
- ООО «АгисИнжиниринг», г. Москва, изготавливает широкозахватную дождевальную машину МДЭК «Водолей-А»;

- «Мелиотехмаш», г. Котельников, выпускает дождевальные дальнеструйные аппараты «ДДК-30», «ДКШ-64А», «ТКУ-100», «ДКН-80», «ДДН-100»;

- «Волгоградский тракторный завод», выпускает дождевальную технику типа: ДМ «АГРОМАШ», «ДДА-100В», «ДД-70ВН (100ВН)», дождеватели шланговые «АГРОС» ДШ-90 (110) [94,95,100,101,103].

За период времени 2008-2016 гг. данными предприятиями было произведено около 360 единиц дождевальной техники, а в среднем за год около 80 единиц, что крайне мало по сравнению с требуемыми объемами. По данным Министерства сельского хозяйства РФ [26,33], при сохранении существующих площадей орошения (4,28 млн. га) стране требуется:

- Широкозахватных ДМ кругового действия – 29 тыс. шт.;
- Широкозахватных ДМ фронтального действия – 12 тыс. шт.;
- Мобильных дождевальных агрегатов, работающих от открытой оросительной сети – 9 тыс. шт.;
- Шланговых ДМ – 7 тыс. штук;
- Мобильных систем из сборных трубопроводов – 7 тыс.шт. [100,101].

При имеющихся производственных мощностях, Россия не может обеспечить нужные объемы производства и поставок оросительной техники, поэтому осуществляет импорт зарубежной дождевальной техники и ограничивается незначительным экспортом в страны ближнего зарубежья Беларусь и Казахстан.

В период с 2011 по 2015 года, экспорт дождевальной техники составил 25 единиц в год (Таблица 1.3) [4, 103].

Таблица 1.3 - Баланс экспорта и импорта дождевальной техники в РФ 2011-2015 г.

Параметры	2011	2012	2013	2014	2015
Экспорт (шт.)	27	26	24	30	18
Импорт (шт.)	217	450	1369	882	1051
Чистый импорт (шт.)	190	424	1345	852	1033

Однако, техника зарубежного производства имеет существенные недостатки, такие как:

1. Высокая цена машин (сравнительный анализ цен представлен в таблице 1, приложения А);
2. Высокое требование к качеству используемой воды;
3. Высокие требования к технике безопасности и сложная реализация технических решений (использование двух видов энергии: на движение и на полив);
4. Отсутствие или неразвитость служб ремонта и сервисного обслуживания;
5. Отсутствие информации о технико-эксплуатационных параметрах качества дождя.

Помимо этого зарубежные образцы дождевальнoй техники не адаптированы по гидросиловоmu оборудованию к существующим насосным станциям РФ и не проходят системы Государственных испытаний, поэтому нет подтверждений, доказывающих соответствие отечественным стандартам [33,100,103].

Конструкция широкозахватных дождевальных машин зарубежного производства таких как: «Zimmatic», «Pivot», «Valley» и др., схожи с отечественной широкозахватной машиной «Кубань-ЛК» и имеют различия лишь на 15-20 % при равных технико-эксплуатационных характеристиках качества дождя, равномерности и эффективности полива [59, 100]. (Сравнительный анализ Российской и зарубежной техники представлен в таблице таблица 2.1-2.2, приложения А).

1.2. Состояние орошения в Саратовской области

Поволжье является одним из крупнейших регионов России, в котором развита мелиорация земель. Наибольшее распространение орошения в Поволжье имеет Саратовская область [1, 74].

Область находится в юго-восточной зоне России, с площадью более 105 тыс.км², по данным Госкомстата России [89], на 2016 год в область населяет 2,48 млн. человек.

Климат умеренно континентальный: продолжительное сухое жаркое лето. Зима морозная, среднее количество дней с осадками – 12 в месяц. По данным метеослужб из последних 50 лет, 40 лет были засушливыми. Температура воздуха летом +35-40 С°, при относительной влажности воздуха 30%. Для получения стабильных урожаев и устойчивого ведения сельского хозяйства в Саратовской области, необходимо применение орошения [1,74,54].

За 70 лет существования мелиорации в регионе, было построено 15 государственных оросительных систем, важным гидротехническим объектом в области является Саратовский оросительно-обводнительный канал им. Е.Е. Алексеевского. Протяжённость этой крупнейшей в России водной артерии с водотоками составляет более 1100 км. Так же для подачи воды используется около 2000 км русел заволжских рек, задействовано 288 государственных стационарных электрифицированных насосных станций и 206 хозяйственных насосных станций, 58 аккумулирующих водохранилищ с проектным объёмом 540 млн.м³ воды [33, 54].

По данным ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» [80], объем подачи воды государственными оросительными системами на орошение сельскохозяйственных культур ежегодно составляет порядка 300 млн.м³.

Наибольшая площадь полива отмечена в Марксовском, Энгельском, Советском и Ершовском муниципальных районах области[80].

Так за 2016 год Саратовским оросительно-обводнительным каналом и насосными станциями оросительных систем осуществлена подача воды в 61 пруд, 7 водохранилищ и канал «Волга-Урал» в объеме 38,1 тыс.м³[33].

По данным Министерства сельского хозяйства Саратовской области [33], площадь орошаемых земель на 1966 г. составляла 32 тыс. га, к 1989 г, площадь орошаемых земель увеличилась до 481,4 тыс. га, а к 1995 году площадь сократилась до 395,2 тыс. га. По состоянию на 1.01.2016 года, площадь орошаемых земель в Саратовской области составляет 257,3 тыс. га, из которых 154 тыс. га подлежат рекон-

струкции и 103,3 тыс. га восстановлению. В течение последних 10 лет полив осуществляется на площади 160,0 тыс. га, в том числе 129 тыс. га дождеванием и капельным орошением, не используется по назначению 97,0 тыс. га [8, 33].

Большая часть как действующих, так и потенциально возможных орошаемых земель – 80% находится в восьми районах области, Марксовском - 39 тыс.га (24%), Энгельсском- 26,0 тыс. га (16,1), Балаковском - 17 тыс. га (10,3%), Ершовском - 15,8 тыс. га (9,9%), Советском - 10,7 тыс. га (6,7%), Ровенском - 8,0 тыс. га (5%), Новоузенском - 7,0 тыс. га (4,1%), Краснопартизанском - 5,0 тыс. га (3,4%). В структуре посевов на орошении зерновая группа занимает 21,0%, кормовые 44,0%, овощи, картофель и бахчи 28%, прочие культуры 7,0% [33].

В настоящее время состояние орошаемых земель Саратовской области характеризуется тем, что из имеющихся 257,3 тыс. га орошаемых земель, в хорошем состоянии лишь 81,9%, в удовлетворительном 9,5% и в неудовлетворительном 8,6 %, преимущественно по причине солонцеватости (Таблица 1.4) [8,33].

Анализ данных Министерства сельского хозяйства Саратовской области [33] показал, что число дождевальной техники в области на 1990 г. составляло 6085 единиц, к 2016 г., это число сократилось в 3,5 раза и на данный момент составляет 1700 единиц, из которых:

1396 - дождевальных машин «Фрегат» (79%);

68 - дождевальных машин «Волжанка» (5%);

10- дождевальных машин «Днепр» (1 %);

16 - дождевальных агрегата «ДДА-100М» (2%);

210 - энергосберегающих дождевальных машин типа Zimmatic, T-L, Valley, Nettuno, Bauer и другие, (13%) (Таблица 4, Приложения Б) [33]. Структура парка дождевальной техники Саратовской области представлена на рисунке 1.3.

Таблица 1.4 - Состояние оросительных систем в Саратовской области на 2016 год

№	Наименование, районов, систем, хозяйств	Площадь орошаемых земель, га	Минерализация ГВ орошаемых земель (г/л), га					Степень засоленности в слое 0-100 см,га				Степень солонцеватости почв,				Состояние земель		
			Менее 1,0	1,0-3,0	3,0-5,0	5,0-10,0	Более 10,0	Не засол.	Слабо засол.	Средне засол.	сильно засол.	Вторично	Не солонцеватые	Слабосолонцеватые	Среднесолонцеватые	Сильно солонцеватые	Хорошее	Удовлствор.
1	Алгайский	8339	576	287	613	1947	491	3019	1186	3834	300	0	554	540	5430	1815	83	449
2	Аркадакский	862	862	0	0	0	0	862	0	0	0	0	862	0	0	0	862	0
3	Аткарский	1093	1093	0	0	0	0	1093	0	0	0	0	1057	6	30	0	1057	6
4	Балаковский	29222	26126	3096	0	0	0	28738	235	249	0	0	26706	984	1051	481	26332	1171
5	Балтайский	300	300	0	0	0	0	300	0	0	0	0	204	96	0	0	204	96
6	Вольский	1614	1614	0	0	0	0	1614	0	0	0	0	1614	0	0	0	1614	0
7	Воскресенский	1786	1786	0	0	0	0	1761	25	0	0	0	1422	253	111	0	1422	253
8	Дергачевский	4055	0	422	1466	1210	957	3649	51	306	49	0	2949	497	382	227	2741	550
9	Духовницкий	18434	18434	0	0	0	0	18434	0	0	0	0	17841	579	0	14	17841	579
10	Ершовский	20780	160	8445	3900	8275	0	20539	18	223	0	0	19651	868	244	17	19574	804
11	Ивантеевский	1266	469	677	120	0	0	950	150	166	0	0	1013	253	0	0	634	466
12	Калининский	3908	3908	0	0	0	0	3908	0	0	0	0	3819	89	0	0	3819	89
13	Красноарм.	5060	5060	0	0	0	0	5060	0	0	0	0	3632	1193	0	235	3632	1193
14	Краснокутский	7476	429	591	1490	3606	136	7099	342	35	0	0	5075	1399	817	185	4816	1572
15	Краснопартизанский	10947	1520	9193	0	204	30	9229	1552	166	0	0	9774	1009	78	86	8317	2362
16	Лысогорский	227	227	0	0	0	0	227	0	0	0	0	227	0	0	0	227	0
17	Марковский	45200	41828	2907	0	465	0	45049	81	70	0	0	39587	5184	429	0	39506	5210
18	Новобураский	1624	1624	0	0	0	0	1624	0	0	0	0	1624	0	0	0	1624	0
19	Новоузенский	9838	53	1092	1562	3709	342	7181	1712	945	0	0	3641	2464	3356	377	2540	3317
20	Озинки	875	0	239	52	584	0	558	48	269	0	0	487	259	84	45	0	403
21	Перелюбский	1090	0	0	1090	0	0	990	0	100	0	0	671	53	338	28	656	28
22	Питерский	4242	200	542	814	2686	0	3989	253	0	0	0	3395	662	185	0	3172	885
23	Пугачевский	5516	2905	1518	1093	0	0	4998	440	78	0	0	4329	886	276	25	3905	1232
24	Ровенский	13366	13366	0	0	0	0	12806	236	324	0	0	10858	1253	1073	182	10298	1489
25	Романовский	442	442	0	0	0	0	442	0	0	0	0	442	0	0	0	442	0
26	Саратовский	1966	1966	0	0	0	0	1677	60	229	0	0	1637	46	283	0	1348	106
27	Советский	13053	6619	6434	0	0	0	13053	0	0	0	0	12342	273	425	13	12342	273
28	Федоровский	4798	49	4719	10	0	20	4752	41	0	5	0	4473	244	81	0	4432	285
29	Хвалынский	251	251	0	0	0	0	229	22	0	0	0	251	0	0	0	229	22
30	Энгельский	37610	36988	206	266	150	0	36464	638	307	201	0	35591	1431	521	67	34987	1583
31	Прочее	1000	1000	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	400	0	0	0	700	0
32	Всего по области	257300	170915	40368	12476	22836	997	242354	7090	7301	555	0	217788	20521	15194	3797	21071 6	24423

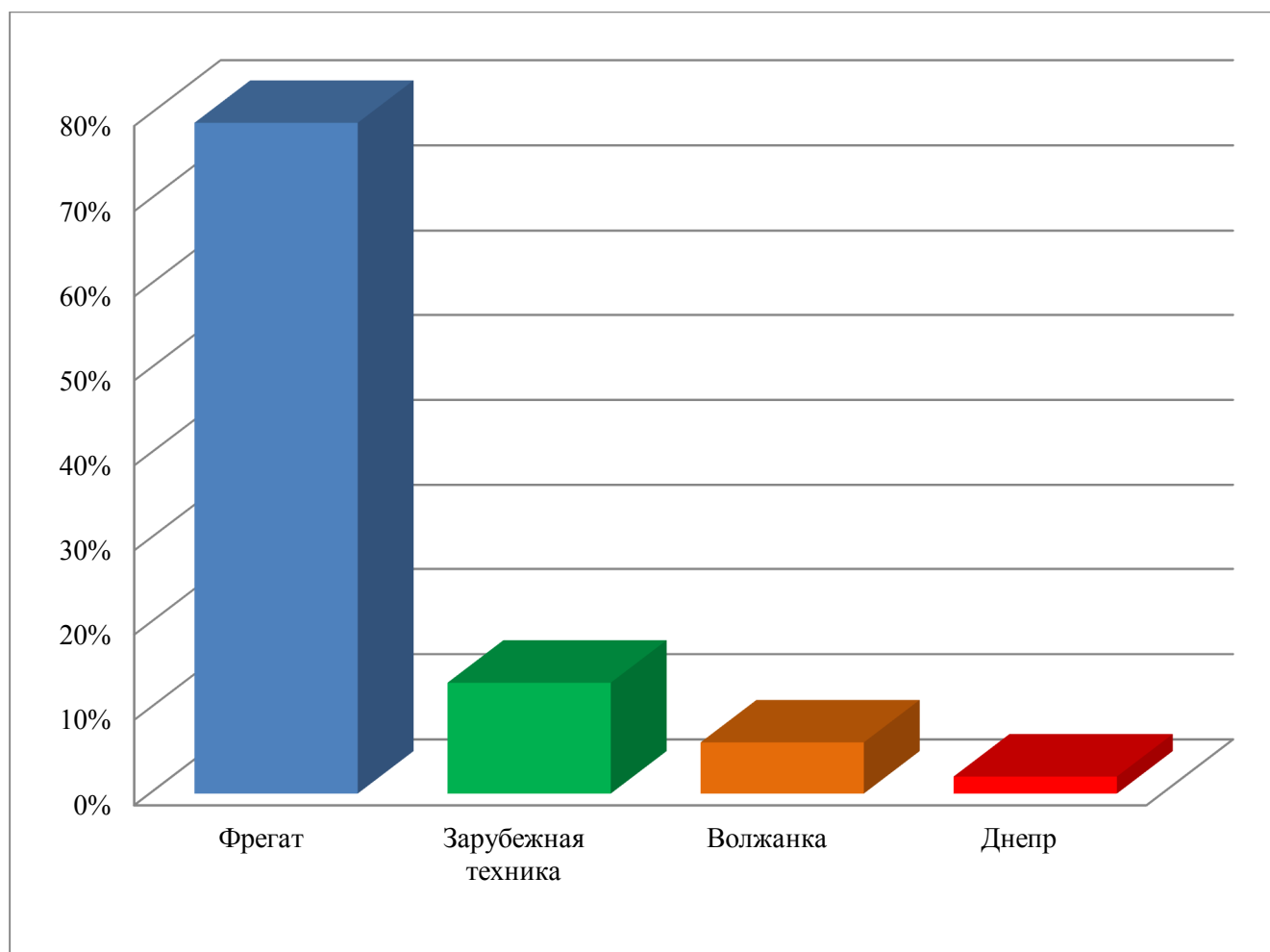


Рисунок 1.3 - Структура парка дождевальной техники Саратовской области на 1.01.2016 г.

Из имеющихся 1700 единиц техники 1415 единиц с истекшим сроком службы. Некогда мощный парк дождевальной техники в Саратовской области за 25 лет сократился на 4,4 тыс. машин (Таблица 1.5) [8, 33, 80].

Не смотря на то что, обновление парка техники происходит, этого объема недостаточно. Так, за период времени с 2010-2016 год областью приобретено 136 новых дождевальных машин, в основном это техника зарубежного производства марок «Valley», «Zimmatic», «T-L» и др. которая имеет свои существенные недостатки (цена, строгие требования к качеству воды и др.). Также приобретено и смонтировано 65 установок капельного и сплинкерного орошения. (Данные по обновлению техники на 2016 год представлены в Таблице 5, приложения В) [33].

Таблица 1.5 - Состояние парка дождевальной техники в Саратовской области на 01.01.2016 г.

Показатели	Год						
	1990	1995	2001	2004	2005	2007	2016
Площадь орошаемых земель, тыс.га	453	363	257	257	257	257	257,3
Наличие ДМ, ед;	6085	5316	3154	2839	2819	2747	1700
Фрегат	2996	2927	2401	2188	2162	2162	1396
Волжанка	2445	1775	510	524	524	458	68
Днепр	456	338	149	58	58	58	10
Кубань	3	33					
ДДА-100М				56		30	16
Зарубежная техника							210

Как видно из рисунка 1.3, структура парка техники области так же как и по России в целом, главным образом представлена широкозахватными машинами типа «Фрегат», но как отмечалось ранее, данная машина очень энергоемка, паспортные значения режимов работы машины составляют до 0,7 МПа, использование таких машин на орошении вызывает повышение себестоимости продукции, так как с использованием энергоемких машин возрастает и стоимость поданной воды насосными станциями (таблица 1.6).

Основной статьей затрат на подачу воды насосными станциями является электрическая энергия, расход которой год из года возрастает, кроме этого наблюдается и систематический рост тарифов на электрическую энергию что делает производимую продукцию не конкурентной на рынке и подрывает финансовую устойчивость сельскохозяйственных товаропроизводителей [12,25,33,65,80].

Согласно данным организации ФГБУ «Саратовмелиоводхоз» [80], построен график роста расхода электроэнергии Саратовской области по годам, из графика следует что в период с 2012 по 2016 г., расход электроэнергии возрос на 25%, что подтверждается данными Росстата по РФ [25,83]. График расхода электроэнергии представлен на рисунке 1.4.

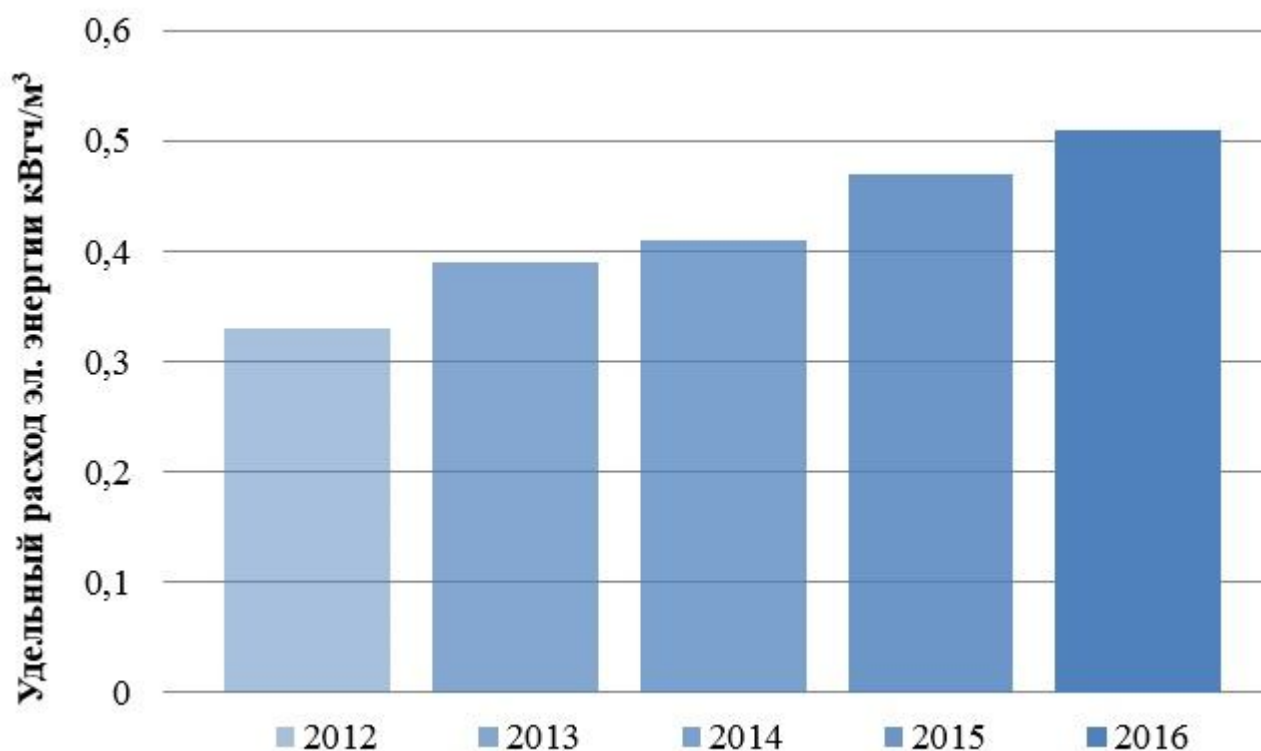


Рисунок 1.4 - Динамика удельного расхода электроэнергии Саратовской области по годам

В настоящее время негативное влияние на развитие мелиорации в области оказывает нестабильная ситуация в экономике страны. Так сильный скачок цен повлиял на сметную стоимость восстановления орошаемых земель. На 2016 год стоимость строительства и реконструкции мелиоративных объектов составила до 200 тыс. рублей на 1 га, а стоимость технического перевооружения до 150 тыс. рублей на 1 га. Вместе с этим подорожала мелиоративная техника и насосно-силовое оборудование, так дождевальная машина «Zimmatic» для полива площади в 70 га подорожала в два раза с 4,3 млн. до 6 млн. рублей [33,80]. Проведенный анализ указывает на то что, из-за недостаточного финансирования и реконструкции мелиоративных объектов, а так же значительного повышения цен на энергоресурсы, мелиоративные работы и дождевальную технику в области с каждым годом происходит сокращение оросительных систем и дождевальной техники, площадь орошаемых земель уменьшается, а земли на которых происходит орошение находятся в неудовлетворительном состоянии.

Таблица 1.6 - Сравнительная характеристика работы насосных станций за 2013 – 2016 г.г.

Оросит. системы	2013					2014					2016				
	Прект. Пл. полива, га	Фактич. Пл. полива, га	Объем поданной воды, тыс. м ³	Расход Эл.энергии, кВт	Затраты, тыс. руб	Проект. Пл. полива, га	Фактич. Пл. полива, га	Объем поданной воды, тыс. м ³	Расход Эл.энергии, кВт	Затраты, тыс. руб	Проект. Пл. полива, га	Фактич. Пл. полива, га	Объем поданной воды, тыс. м ³	Расход эл.эн. кВт	Затраты тыс. Руб
Ровенская	13366	5713	3400	177292	8676	13366	5713	3400	177294	8850	13366	5713	3400	177299	8997
Энгельская	36373	29713	45380	177292	75827	36373	29713	50000	199771	84651	36373	29713	48000	205771	86691
Пугачевская	3097	1340	12900	346186	1549	3097	1340	13000	347186	2000	3097	1340	13100	347186	2500
Приволжская	56500	40266	6100	31398	155974	56500	40266	6900	376122	152570	56500	40266	6200	378122	160570
Ал. Гайская	9200	8300	28100	721087	4893	9200	8300	28700	857733	4872	9200	8300	29000	859733	3882
Балаковская	48000	9078	24600	140299	6904	48000	9078	24700	199009	8917	48000	9078	24900	199009	8919
Ершовская	47600	10115	30400	141254	8026	47600	10115	30550	270003	10963	47600	10115	30550	276603	10963
Калининская	23400	6900	14100	141254	8427	23400	6900	14500	174972	7812	23400	6900	14200	178992	7912
Гагаринская	20000	18000	32000	15500	9000	20000	18000	33000	16500	10000	20000	18000	34000	17000	11000
Итого	255120	128000	196980	2276062	279276	25500	130000	200450	2672690	290635	230032	110786	210350	2822715	302434

1.3. Анализ способов и техники полива

Полив сельскохозяйственных культур в России и в частности Саратовской области осуществляется главным образом дождеванием [47,74].

Производственное значение дождевание получило в начале 20 века в США, Италии, Германии. В России дождевание было применено изначально в Саратовской губернии в 1875 году агрономом Г. И. Аристовым [32,74-76,104].

В настоящее время в Саратовской области приоритетным и прогрессивным способом механизированного орошения остается полив дождеванием, так как имеет ряд преимуществ:

- дождевание обеспечивает оптимальное попадание влаги к растению, при этом увлажняется поверхность растения, воздух и почва что оказывает положительное воздействие на растение;

- при дождевании с орошаемой культуры удаляется грязь, поливе дождеванием с растений смывается пыль, что усиливает дыхание растений и ассимиляцию углерода;

- при дождевании возможно вносить удобрения и проводить орошение круглые сутки;

- возможность полива в широких диапазонах поливных норм [19,75,95].

При орошении дождеванием существуют следующие способы полива:

- 1) Периодический – заключается, в подаче воды на поле в виде дождя с интервалом 6-12 суток для смягчения микроклимата приземного слоя воздуха и создания необходимых запасов влаги в активном слое почвы 0,5-0,6 м.

- 2) Импульсный - заключается в прерывистой подаче воды на орошаемую поверхность поля. Основные элементы такой системы: насосная станция, распределительные и оросительные трубопроводы, импульсные дождевальные аппараты.

- 3) Мелкодисперсный - заключается в прерывистой подаче воды, ежедневно в течение 4-5 ч, в период высоких температур и низкой относительной влажности воздуха для орошения сельскохозяйственных культур (12-17 часов). Дождевальная

техника забирает воду из каналов или трубопроводов и под большим давлением выбрасывают ее в воздух [73, 95].

По времени проведения поливы делят на две группы:

Невегетационные - проводятся на площади, не занятой посевами.

Вегетационные - проводятся в период вегетации орошаемой культуры.

Вегетационные поливы подразделяются на: подпитывающие, посадочные, освежительные, противозаморозковые, удобрительные [16,73,92,114].

1) Подпитывающий полив проводят после посева для того чтобы обеспечивать своевременные всходы сельскохозяйственных культур.

2) Посадочный полив проводят вместе с посадкой культуры, чем обеспечивается ее приживаемости.

3) Освежительный полив проводят в жаркое время для понижения температуры воздуха.

4) Противозаморозковый полив основан на кратковременном увлажнении растений и почвы в период заморозков, вода, охлаждаясь, выделяет тепло, в увлажненной почве увеличивается теплопроводность и поступление тепла к поверхности. Кроме того, температура поливной воды гораздо выше температуры воздуха и поверхности почвы и поэтому она также служит источником тепла.

5) Удобрительный полив применяют для внесения удобрения в почву с помощью воды, которая, являясь растворителем удобрений, транспортирует их в увлажняемый слой почвы.

Невегетационные поливы подразделяются на: провокационные, промывочные, предпосевные, влагозарядковые.

1) Промывочный полив, удаляет из почвы излишне вредные для растений соли.

2) Провокационный полив, применяют для увлажнения верхнего слоя почвы, чтобы спровоцировать всходы сорняков. Взшедшие сорняки уничтожают культивацией, ядохимикатами.

3) Предпосевные поливы проводят перед посевом сельскохозяйственных культур для обеспечения своевременных всходов.

4) Влагозарядковый полив проводят для создания запасов влаги в слое почвы.

По срокам проведения и поливным нормам полив дождеванием зависит от вида культур и типа почв [32,48,64, 95,125].

Для орошения сельскохозяйственных площадей дождеванием применяется дождевальная техника. Классификация основных видов дождевальной техники представлена на рисунке 1.5.

Вся дождевальная техника подразделяется на: дождевальные агрегаты, дождевальные машины и дождевальные установки [51,91,92].

Дождевальным агрегатом называется устройство, состоящее из самоходной опоры и насосного агрегата, смонтированного в комплекте с дождевальной установкой.

Дождевальные машины представляют собой самоходную технику, на которую навешиваются дождеобразующие устройства, при этом напор создается специальными насосными станциями.

Дождевальными установками называют устройство без самоходных механизмов. Вода к дождевальным установкам транспортируется по оросительной сети насосными агрегатами.

Дождеобразующие устройства, навешивающиеся на дождевальную технику, по радиусу разбрызгивания разделяются на короткоструйные (R до 10 метров), средне-струйные (R от 10 до 40 метров) и дальнеструйные (R более 40 м) [86-87,99].



Рисунок 1.5 - Классификация дождевальной техники

Техника орошения при поливе дождеванием должна выполнять следующие требования:

- Обеспечивать высокое качество орошения за счет равномерного распределения воды;
- производить орошение с минимальной затратой поливной воды, с минимальными потерями воды на сброс и глубинную фильтрацию и с максимальным КПД применяемой техники;
- обеспечивать внесение минеральных и органических удобрений, микроэлементов для повышения естественного плодородия почв;
- не допускать лужеобразования от стока воды по орошаемой поверхности, не допускать нарушения структуры и физико-механических свойств почвы;

- иметь высокую надежность процесса полива и максимальный коэффициент готовности дождевальной техники до 0,96-1;
- осуществлять управление поливом, оптимально и четко выдерживать нормы и сроки полива с учетом климатических условий на основе применения средств автоматизации и компьютерной техники [31,32, 56,57,63,64,73,75,91,92,95,102].

1.4. Обзор технических средств

1.4.1. Дождевальная техника первого поколения

Дождевальные агрегаты ДДА-100М (рисунок 1.6) и *ДДА-100МА*, применяются для полива сельскохозяйственных, овощных и кормовых культур, на местности с уклоном не более $0,003^\circ$, у агрегатов есть возможность внесения удобрений. Базовой машиной служит трактор ДТ-75М, ДТ-54А. На трактор навешивается двух-консольная ферма длиной 110,3 м, которая имеет двухтрубчатый водопроводящий пояс с установленными на нем дефлекторными насадками (до 52 шт).



Рисунок 1.6- Дождевальный агрегат ДДА-100М

Расход воды ДДА-100МА - 130 л/с, ДДА-100М - 100 л/с, рабочая скорость в полове - 411 м/ч, вперед и 370 м/ч, назад, давление 0,37 МПа, ширина орошаемой полосы 120 м.

Полив осуществляется в движении по бьефам временных оросителей. При полове агрегат делает повторные проходы вдоль оросителя. [100,103].

Достоинства агрегатов:

- 1) Равномерное увлажнение почвы;
- 2) Качество полива не зависит от ветра при скорости не более 3-5 м/с;
- 3) Быстрая регулировка поливной нормы.

Несмотря на перечисленные достоинства, агрегаты имеют значительные недостатки, такие как:

- 1) Высокая металлоемкость и энергоемкость;
- 2) Недостаточная маневренность;
- 3) Значительная площадь отчуждена под дороги, каналы и временные оросители.

Дальнеструйные навесные агрегаты ДДН-70 и ДДН-100 (рисунок 1.7), предназначены для полива овощных, технических культур, садов и питомников. Работают позиционно с вращением по кругу и сектору, забор воды из каналов и низконапорных трубопроводов.



Рисунок 1.7 - Дальнеструйный навесной агрегат ДДН-100 (ВН)

Агрегатируются с тракторами ДТ-75, Т-4 А и Т-150К, обеспечивает давление 0,5 МПа, площадь полива за сезон: ДДН-70 - 70 га, ДДН-100 - 150 га, при радиусе полива 70 и 85 метров при расходе воды 65 и 100 л/с соответственно, интенсивность дождя 0,25 – 0,30 мм/мин.

[32, 100].

Достоинства агрегатов:

- 1) Хорошо регулируется поливная норма;
- 2) Обеспечивается механизация полива.

Несмотря на перечисленные достоинства, агрегаты имеют значительные недостатки, такие как:

- 1) Высокая энергоемкость полива;
- 2) Крупность капель;
- 2) Высокая зависимость равномерности полива от скорости ветра;
- 3) Высокая интенсивность полива.

1.4.2. Дождевальная техника второго поколения

Дождевальная машина «Волжанка» ДКШ-64 (рисунок 1.8), предназначена для орошения различных сельскохозяйственных культур, высота которых в период поливов не превышает 1,5 м. Полив осуществляется позиционно от гидранта до гидранта за счет давления 0,4 МПа, расстояние между гидрантами 18 м. Машина состоит из двух крыльев, общая длина которых 800 м, каждое может работать самостоятельно. Крыло, представляет собой трубопровод диаметром 130 мм, оснащенный среднеструйными дождевальными аппаратами, средняя интенсивность дождя 0,25 мм/мин., при расходе воды 64 л/с и автоматическими сливными клапанами. На каждой секции крыла установлено опорное колесо. Машина заполняется водой из оросительной сети с помощью насосных станций. При подачи воды в трубопровод, клапаны автоматически закрываются и в работу вступают дождевальные аппараты [32,100,94].



Рисунок 1.8 - Дождевальная трубопровод колесный «Волжанка» ДКШ-64

Достоинства машины:

- 1) Механизация полива;
- 2) Создаются условия для равномерного увлажнения почвы;

Несмотря на имеющиеся достоинства, машина имеет значительные недостатки, такие как:

- 1) Высокая энергоемкость полива;
- 2) Значительные затраты времени на технологическое обслуживание, вызванные частыми переездами для смены позиции;
- 3) Необходимостью хождения оператора по орошаемому полю к ведущей тележке и обратно при переездах машины;
- 4) Отставание колес и необходимость их накатки вручную;
- 5) Невозможность полива высокостебельных культур.

Автоматизированная широкозахватная самодвижущая дождевальная машина «Фрегат» (Рисунок 1.9). Машина предназначена для орошения зерновых, бахчевых, многолетних трав и технических культур.

Полив осуществляется в движении по кругу с забором воды от гидранта закрытой оросительной сети.



Рисунок 1.9 - Дождевальная машина «Фрегат»

Скорость транспортирования с позиции на позицию 5 км/ч, расстояние между тележками с 1 по 7 тележку - 24,7метра, с 7 по последнюю тележку - 29,6 м, расстояние от поверхности земли до водопроводящего пояса 2 м, длина машины от 335 до 453,5 метров. Средняя интенсивность дождя – 0,31 мм/мин, максимальная площадь полива при работе на одной позиции – 59-70 га, радиус полива – 434 м, минимальная поливная норма за оборот - 238 м³/га [32,100].

ДМ «Фрегат» состоит из водопроводящего трубопровода который опирается на А – образные тележки. Для обеспечения жесткости конструкции и поддержания водопроводящего трубопровода в горизонтальном положении предусматривается система тросовых растяжек. Неподвижная опора размещается в центре орошаемого участка, вокруг которой ДМ осуществляет движение. Передвижение машины осуществляется посредством гидропривода, основу которого составляют цилиндр и поршень со штоком.

Вода из трубопровода машины подается поочередно в цилиндры, где поршень совершает возвратно поступательные движения, которые преобразуются в движения толкателя колеса. При движении вперед толкатель упирается в почвозацепы и поворачивает колеса на некоторый угол, при движении назад толкатель скользит своими скосами по ребрам колес, не изменяя его положения.

Скорость вращения всей машины задается краном на гидроприводе периферийной тележки, сохранение прямолинейности трубопровода контролируется системой синхронизации движения, автоматически регулирующей скорости всех промежуточных тележек. Кроме того, на машине имеются механическая и электрическая системы аварийной остановки при недопустимом изгибе трубопровода.

Остановка машины происходит путем прекращения подачи воды в трубопровод, при этом вода автоматически выливается через сливные клапаны, установленные под каждым дождевальным аппаратом [16,22,32,52,58,94,100,41-44, 113].

Достоинства машины:

- 1) Механизация и автоматизация полива;
- 2) Высокая производительность труда;
- 3) Проведение поливов в широком диапазоне поливных норм;
- 4) Использование одного вида энергии для полива и передвижения машины.
- 5) Возможность круглосуточной работы;
- 6) Хорошее качество создаваемого дождя благодаря низкой интенсивности;
- 7) Возможность полива высокостебельных культур.

Недостатки:

- 1) Высокая энергоемкость проведения полива;
- 2) Недополив углов поля 10-14%;
- 3) Высокая металлоемкость на подземные трубопроводы.

В связи с этим требуются конструктивные изменения позволяющие снизить стоимость проведения полива.

1.4.3. Дождевальная техника третьего поколения

Ферменная дождевальная машина ДМФ-К-Б17 «Фрегат», Украинского производства ПАТ завод «Фрегат» (рисунок 1.10), предназначена для полива зерновых, бахчевых, технических культур и многолетних трав.

Полив осуществляется в движении по кругу с забором воды от гидранта закрытой оросительной сети. Движение машины осуществляется тележками с электроприводами, каждая тележка опирается на два пневмоколеса, приводимых в движение собственным мотор-редуктором посредством двух червячных редукторов. Автоматическая система управления обеспечивает возможность прямого и реверсивного движения в широком диапазоне рабочих скоростей.



Рисунок 1.10 – Дождевальная машина ферменного типа ДМФ-К-Б17

Длина машины может быть от 42 до 878,4 м, количество самодвижущихся опор 17 шт., минимальная норма полива от 42м³/га. Забор воды осуществляется от гидранта закрытой сети, общий расход воды 20 - 300 л/сек, давление воды на входе в машину 0,52 МПа, масса машина без воды – 47,5 т, средний диаметр капель – 0,69-1,4 мм, максимальная интенсивность – 1,6 мм/мин [100,70,103].

Достоинства машины:

- 1) Работа на низких напорах;
- 2) Механизация и автоматизация полива;

- 3) Широкий диапазон поливных норм;
- 4) Возможность круглосуточной работы;
- 5) Возможность реверсивного движения машины;
- 6) Возможность полива высокостебельных культур.

Несмотря на перечисленные достоинства, машина имеет значительные недостатки такие как:

- 1) Высокая энергоёмкость полива;
- 2) Необходимость полива только осветленной водой мутностью до 5г/л и диаметром взвешенных частиц не более 0,5 мм;
- 3) Высокая интенсивность дождя;
- 4) Использование двух видов энергии (электрическая на движение машины, гидравлическая на полив);
- 5) Высокие требования техники безопасности.

Многоопорная дождевальная машина кругового перемещения «Кубань-ЛК» (Рисунок 1.11), предназначена для орошения зерновых, кормовых, овощных и технических культур на местности со спокойным рельефом. Машина имеет электрический привод и осуществляет полив за счет напора от гидранта закрытой оросительной сети в движении по кругу при автоматическом режиме. Вместе с поливной водой можно вносить удобрения и гербициды, прямолинейность трубопровода при движении контролируется системой синхронизации тележек. Управление машиной осуществляется с щита на энергетической платформе.

Машина состоит из треугольной фермы с верхним поясом из труб диаметром 203 – 152 мм, расстояние от земли до водопроводящего пояса 2,7 м, опорно-ходовых тележек с реверсивным электроприводом (18 шт.), энергетической платформы с насосно-силовым оборудованием, дизельного генератора мощностью 30 кВт, и центробежного насоса. Общая длина машины может достигать 1000 м, норма полива устанавливается в пределах от 82 до 820 м³/га, расход воды 200 л/с, рабочее давление на входе 0,33 МПа, мощность двигателя 169 кВт, скорость движения машины от 0,19 до 1,9 м/мин [100,103].



Рисунок 1.11 - Многоопорная дождевальная машина «Кубань-ЛК»

Достоинства машины:

- 1) Работа на низких напорах в автоматическом режиме;
- 2) Имеет регулируемые нормы полива в широких пределах;
- 3) Высокая проходимость на переувлажненных почвах;
- 4) Увеличение КЗИ в связи с ростом длины между пролетами и уменьшением колеи от колес;
- 5) Длины машины могут быть точно подобраны под размер поля.

Несмотря на перечисленные достоинства, машина имеет значительные недостатки такие как:

- 1) Высокая цена машины;
- 2) Высокие требования техники безопасности (напряжение 380В при высокой влажности);
- 3) Сложная реализация как технических, так и технологических решений (использование двух видов энергии на движении и на полив).

1.4.4. Дождевальная техника зарубежного производства

Многоопорная дождевальная машина «Pivot», (рисунок 1.12), испанской фирмы «RKD», предназначена для полива зерновых, кормовых, овощных и технических культур на полях среднего и большого размера в различных почвенно-климатических зонах [100,101].

Машина имеет электрический привод и осуществляет забор воды из открытого оросительного канала либо из закрытой оросительной сети. Полив осуществляется через восходящую трубу и колено, изготовленные из оцинкованной стали диаметром 219 мм, вместе с поливной водой можно вносить удобрения и гербициды. На машине установлено внешнее коллекторное токопроводящее кольцо с цепной схемой доступа, управление машиной осуществляется с центрального щита на энергетической платформе.



Рисунок 1.12 - Машина кругового действия «Pivot»

Машина состоит из треугольной фермы с верхним поясом из труб диаметром 152-203 мм, 20 опорных двухколесных тележек с реверсивным электроприводом, центральной платформы с насосно-силовым оборудованием. Общая длина водопроводящего пояса до 1000 м, минимальное расстояние от фермы до поверхности земли - 3,30 м. На трубопроводе машины установлено 350 дождевальных аппаратов, норма полива устанавливается в пределах от 82 до 820 м³/га, расход воды 200 л/с, рабочее давление на входе 0,33 МПа [100,101,4,103,35,36].

Достоинства:

- 1) Способность работать при малых напорах;
- 2) Наличие автономного или централизованного энергоснабжения;
- 3) Высокая степень автоматизации и многофункциональности;
- 4) Компьютерные средства контроля и управления.

Несмотря на достоинства, машина имеет недостатки, такие как:

- 1) Высокие требования к технике безопасности при эксплуатации;
- 2) Сложная реализация технических решений (использование двух видов энергии);
- 3) Высокая цена;
- 4) Высокое требование к чистоте используемой воды.

Дождевальная машина «Zimatic» 9500 P/MP, (Рисунок 1.13), производства фирмы «Lindsay» (США), машина предназначена для полива зерновых, бахчевых, технических культур, многолетних трав, и пастбищ.



Рисунок 1.13 - Дождевальная установка «Zimatic» 9500 P / MP

Машина производит полив от гидранта оросительной сети в движении по кругу, имеет электропривод, каждая опора опирается на два пневмоколеса, приводимых в движение мотор-редуктором.

Длина машины может достигать длины до 1000 м, имея длину пролётов от 30 до 65 м. Шарнирное соединение пролетов обеспечивает их плавное относительно друг друга движение в большом диапазоне углов поворота. Допускается межпролетный уклон до 18 градусов в любом направлении.

Количество самодвижущихся опор до 18 шт., минимальная норма полива до 150 м³/га, забор воды осуществляется от гидранта либо из открытого канала, общий расход воды составляет 20 - 300 л/сек, напор воды на входе в машину 0,5 МПа, масса машина без воды – 47,5 т, средний диаметр капель 1,2 мм, минимальное давление 0,3 МПа, площадь покрытия поля 0,8 – 3 га, просвет над полем 2,44 м, максимальный уклон склона 15%, дальность орошения до 33 м [4,55, 100,103].

Достоинства машины:

- 1) Возможность работы на низком давлении;
- 2) Высокая эффективность полива;
- 3) Пролеты выполнены из высокопрочной стали арочной конструкции;
- 4) Высокая степень автоматизации и многофункциональности;
- 5) Высокий уровень эргономики, а так же высокоточных средств управления и контроля.

Недостатки:

- 1) Высокое требование к степени очистки используемой воды;
- 2) Высокая цена машины;
- 3) Высокие требования к технике безопасности (напряжение 380В при высокой влажности);
- 4) Сложная реализация технических решений (использование два вида энергии на движении и на полив).

Дождевальная машина кругового действия «Valley», (Рисунок 1.14), производства компании «Valmont Irrigation» (США), машина предназначена для полива сельскохозяйственных культур дождеванием.



Рисунок 1.14 - Передвижная дождевальная машина «Valley 8120»

Питание машины осуществляется из закрытой оросительной сети, полив производится в движении по кругу. Привод передвижения электромеханический с помощью мотор-редукторов. Конструкция машины выполнена в виде фермы с консолью на конце консоли установлены среднеструйный дождевальный аппарат, центральная тележка оснащена пневматическими колесами в качестве источника энергии использован дизель-генератор.

Технические характеристики дождевальной машины «Valley»:

Расход воды - 105 л/с;

Рабочая ширина захвата – 475 м;

Пределы регулирования поливной нормы 113-1130 м³/га;

Площадь орошения с одной позиции – 141,7 га;

Расстояние от поверхности земли до распыляющих насадок – 1,7 м;

Коэффициент эффективного полива - 0,75–0,80;

Средний диаметр капель – 1,5 мм;

Количество опорных тележек – до 18 шт.;

Потребляемая мощность от генератора – 7,4 кВт.

Достоинства машины:

- 1) Возможность работы на низком давлении;
- 2) Высокая эффективность полива;
- 3) Высокая степень автоматизации и многофункциональности;
- 4) Высокий уровень дизайна и комфортности, а так же компьютерные средства управления и контроля.

Недостатки:

- 1) Высокое требование к степени очистки используемой воды;
- 2) Высокая цена машины;
- 3) Высокие требования к технике безопасности (напряжение 380В при высокой влажности);
- 4) Сложная реализация технических решений.

На основании вышеизложенного анализа технических средств и литературного обзора было выяснено, что большая часть дождевальнoй техники такая как: ДДА-100М, ДДА-100МА, ДДН-70, ДДН-100, ДКШ-64, имеет высокие эксплуатационные затраты при проведение полива, низкий КЗИ и большую стоимость водоподачи, что вызывает повышение себестоимости продукции в целом.

Кроме этого существуют низконапорные дождевальнoе машины которые позволяют снизить энергоемкость за счет работы на низком напоре, такие как: «Кубань-ЛК», «Zimmatic» 9500 P/MP, ДМФ-К-Б17 «Фрегат», «Pivot» и др., однако данная техника обладает существенными недостатками такими как: высокая цена машин(таблица 1, приложения А), высокое требование к качеству используемой воды, высокие требования к технике безопасности, сложная реализация технических решений (использование два вида энергии на движении и на полив), отсутствие сервисов ремонта и обслуживания, отсутствие сведений о параметрах качества дождя.

Проведенный анализ дождевальнoй техники выявил, что ДМ «Фрегат» является одной из основных техникой, применяемой в Саратовской области, машина хорошо зарекомендовала себя на поливе сельскохозяйственных культур, так как обеспечивает хорошее качество дождя, автоматизацию, высокую надежность, а так же позволяет использовать один вид энергии для обеспечения полива и передвижения машины [1].

Однако, практика эксплуатации показывает, что ДМ «Фрегат» не в полном объеме способна реализовать свои преимущества на орошении сельскохозяйственных культур в связи с высокой степенью энергоемкости, (расход электроэнергии ДМ «Фрегат» на подачу 1000 м^3 , воды составляет 350...600 (кВт·ч) [2,45,66,67,103], поэтому необходима ее модернизация путем снижения рабочего давления и как следствие уменьшение энергоемкости машины [10,68,69,90].

1.5. Существующие способы и методы снижения давления на ДМ «Фрегат»

Согласно изученным публикациям Б.П. Фокина [101-104], Ю.Ф. Снопича [73,94], Н.М. Кошкина[41-45], Н.Ф. Рыжко [84,85], О.М. Воробьева [61], А.И. Кима [37], известно, что снижение давления на входе у широкозахватных дождевальных машин на 0,1МПа, позволяет экономить от 10% до 30% потребляемой энергии [101, 61, 37, 34,53, 105, 45].

Поэтому был проведен анализ и изучение способов и методов снижения энергоемкости широкозахватных дождевальных машин в работах отечественных и зарубежных ученых, таких как: В.Н. Городничев [100], С.Х. Гусейн-Заде [16], Н.М. Кошкин [41-45], Н.Ф. Рыжко [84,85], Б.П. Фокин [101-103], Г.Е. Листопад [92], Г.В. Ольгаренко [70-72], В.Н. Щедрин [103], В.Е. Мазилкин [76], R.E.Santana [117], все изученные методы направлены на обеспечение движения и проведения полива ДМ «Фрегат», при сниженных давлениях.

Для реализации задачи движения и полива ДМ «Фрегат» при сниженных давлениях, существуют следующие способы и методические подходы:

1. Изменение параметров кинематической схемы привода и уменьшение плеча силового рычага;
2. Применение уширенных гидроцилиндров;
3. Изменение конструкции дождеобразующих устройств и схем их расстановки по длине водопроводящего трубопровода.

Первое решение предложено СтавНИИГиМ [101] и заключается в снижении энергоемкости машины путем изменения конструкции привода машины, т.е. меняется длина плеча рычага толкателя.

Хотя этот способ представлялся простым и дешевым, в процессе эксплуатации показал себя недостаточно работоспособным так как, уменьшая плечо рычага, уменьшается и ход толкателя, это в свою очередь снижает угол поворота колеса на 4,3 градуса, в связи с этим снижается и скорость движения машины, в результате чего увеличивается минимальная поливная норма и изменяются все технологические характеристики ДМ, что делает полив малоэффективным.

Второе решение предложено УкрНИИГиМ[101], и заключается в снижении давления на входе в машину путем увеличения диаметра цилиндра с 122,8 мм до 154 мм, при сохранении необходимого усилия на штоке гидроцилиндра. Несмотря на положительный эффект от применения данного способа, он имеет существенный недостаток, так как при изменении диаметра гидроцилиндра, уменьшается цикличность его работы и, как следствие, изменяется поливная норма и все технологические характеристики машины.

Третье решение предложено ВолжНИИГиМ [34,70], и заключается в снижении энергоемкости машины за счет установки перед каждой дождевальной насадкой дросселирующих элементов, имеющих лимитированные по диаметру входные отверстия, данное решение позволяет снизить энергоёмкость полива на 10...15%, но при изменении проходного сечения насадки, изменяется, поданная ей поливная норма, в результате влажность почвы не отвечает требованиям выращивания сельскохозяйственных культур что приводит к снижению урожайности.

Изученные методы и способы снижения энергоемкости ДМ «Фрегат» являются несовершенными и малоэффективными, так как при их использовании нарушается работа машины и режимы водообеспеченности орошаемых сельскохозяйственных культур.

Помимо этого был проведен анализ патентных источников, в частности патент № 2212787 (Кл:А01G25/09, 25/16) [5], из которого известна многофункциональная дождевальная машина (рисунок 1.15).

Машина предназначена для полива зерновых, овощных и технических культур и включает в себя: неподвижную опору 1, с неподвижной трубой 2 и поворотным коленом 3, соединяющимся с трубопроводом 4 машины, дождевальными аппаратами 5, самоходные тележки с гидроприводами 6 и скоростными клапанами 7, дополнительный трубопровод 8, запорный орган 9 с гидроприводом 10, гидрореле 11 с управляющим блоком 12, напорный трубопровод 13, сужающее устройство 14, трубку 15 управления внешней системой защиты, исполнительные клапаны 16, соединительные звенья 17, 18, подвижные втулки 19, гидрорегулируемый клапан 20, задвижку 21, сливные магистрали 22, насадки 23, дозатора 24, поршня 25, верхняя полость поршня 26, нижняя полость поршня 27, обратный клапан 28, дозировочный кран 29, гидрорегулируемый кран 30 и 31, штуцер 32 [5].

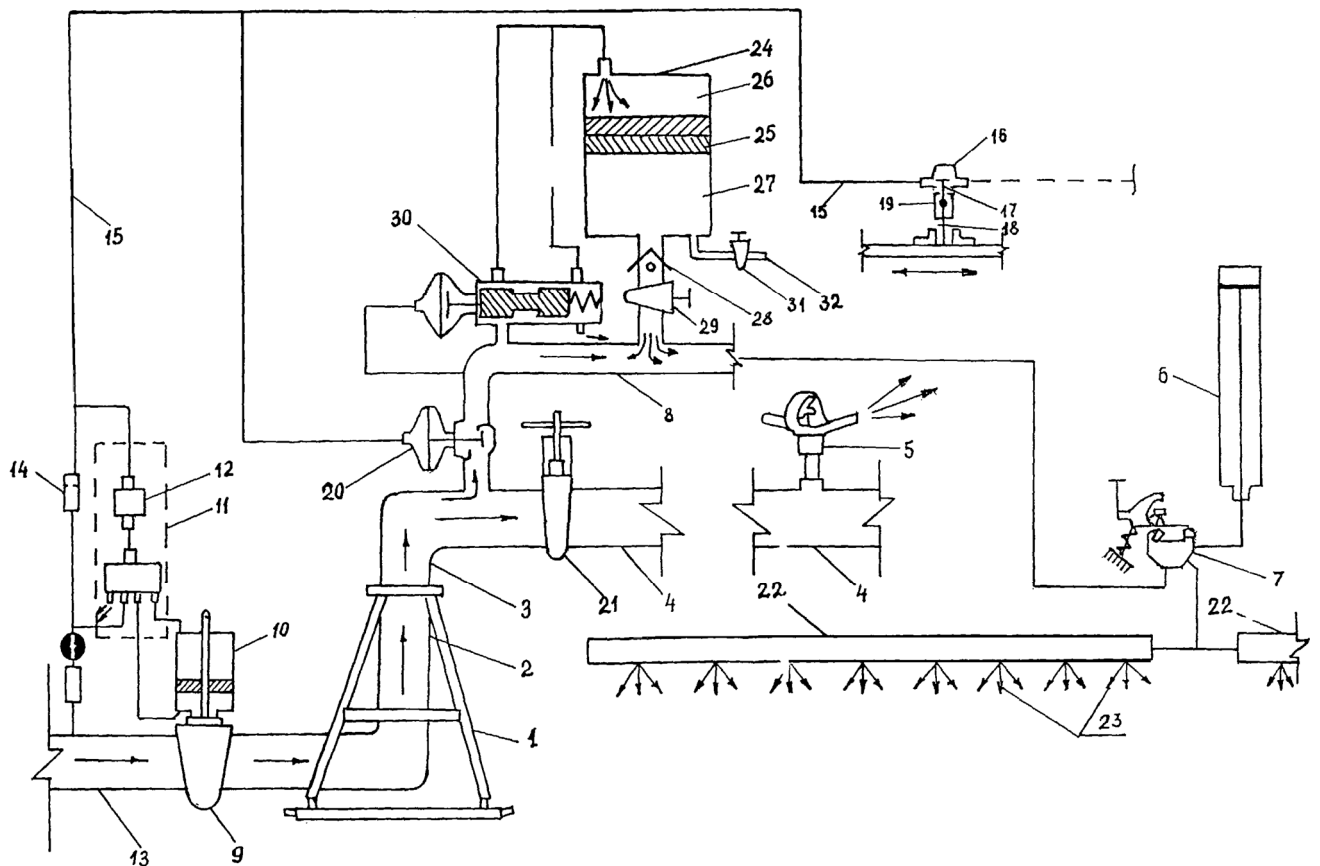


Рисунок 1.15 – Многофункциональная дождевальная машина

Данное решение является наиболее перспективным для реализации, так как оно позволяет упростить конструкцию системы, повысить надежность и расширить

функциональные возможности машины, а также позволяет снизить энергоемкость машины за счет работы при сниженных давлениях. Это достигается распределением части расхода на запитку гидроцилиндров.

Однако, режимы работы машины (зависимость норм и продолжительности полива от напорных характеристик) неизвестны и требуют проведения научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы.

Поэтому для эффективной эксплуатации ДМ «Фрегат», необходимо совершенствование технических средств ДМ, путем разработки новых узлов и деталей обеспечивающих работу при следующих режимах:

- режим проведения полива при сниженных давлениях;
- режим работы, осуществляющий движение без полива.

Помимо этого необходимо провести полевые исследования эксплуатационных и технических показателей серийной ДМ «Фрегат» 463-90, для установления зависимости поливной нормы и продолжительности полива от напорных характеристик машины, а так же определить затраты электроэнергии на полив.

1.6 Выводы

В результате изучения вопроса снижения энергоемкости ДМ «Фрегат», совершенствования ее конструкции и перевода в низконапорные режимы можно сделать следующие выводы:

1. На основании литературного и патентного поиска установлено, что полив сельскохозяйственных культур в России и в частности Саратовской области осуществляется главным образом дождеванием, при этом основной техникой, используемой на поливе, является ДМ «Фрегат».

2. Обоснованно, что ДМ «Фрегат» не в полной мере способна реализовать свои преимущества на поливе в связи с высокой энергоемкостью, поэтому необходима ее модернизация путем перевода в низконапорные режимы работы;

3. Доказано что снижение давления на входе у широкозахватной ДМ «Фрегат» на 0.1 МПа позволяет экономить от 10% до 30% потребляемой энергии.

4. Для достижения цели исследования, разработана структурная схема (Рисунок 1.16).

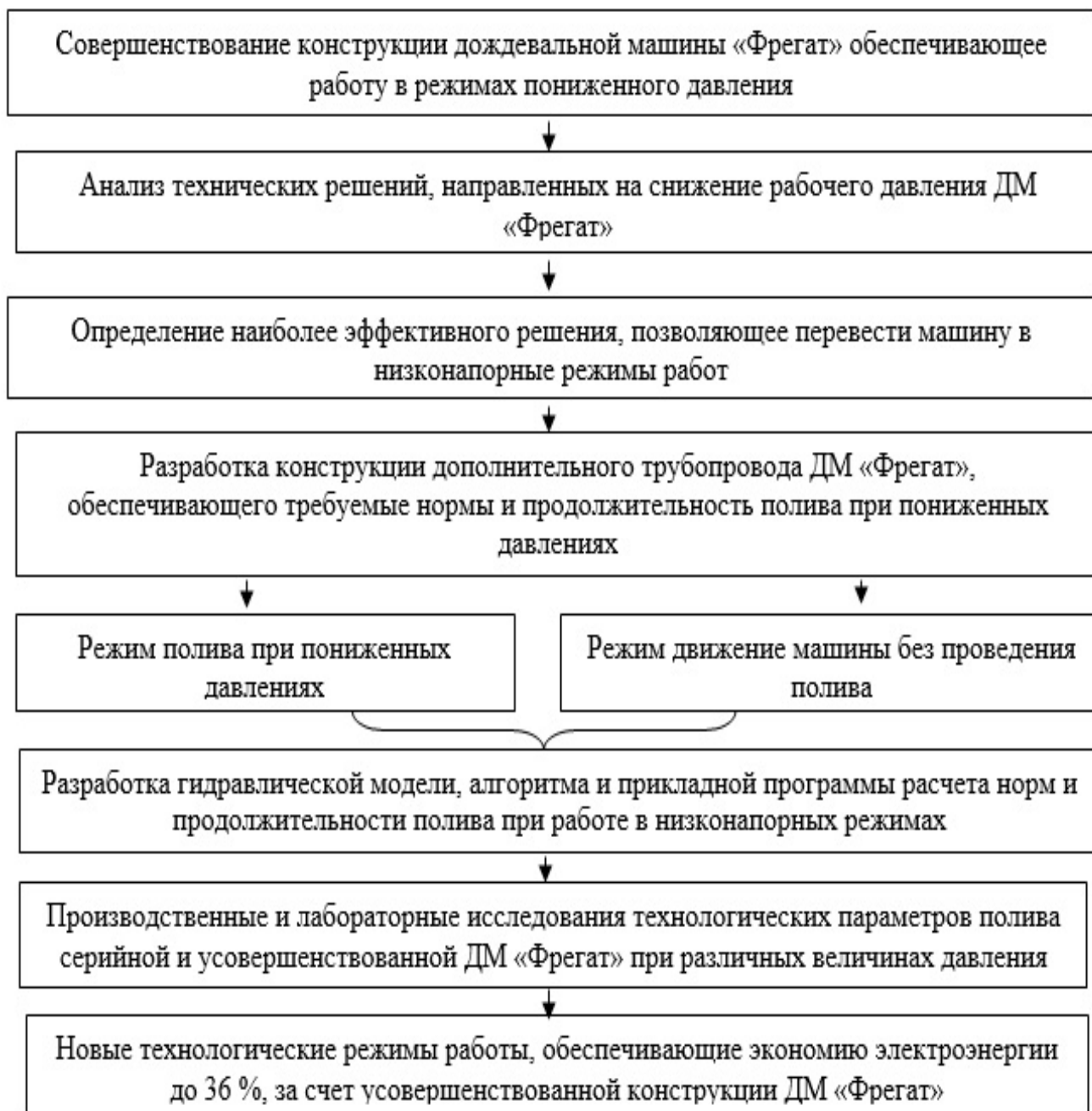


Рисунок 1.16 – Структурная схема совершенствования ДМ «Фрегат» обеспечивающая работу при сниженных давлениях

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДМ «ФРЕГАТ», ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ РАБОТУ В РЕЖИМАХ ПОНИЖЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

2.1. Основные технические требования по совершенствованию и эксплуатации ДМ «Фрегат»

В Саратовской области орошение сельскохозяйственных угодий осуществляется преимущественно дождевальными машинами типа «Фрегат», так как данная машина обеспечивает экономию водных ресурсов, отвечает требованиям экологической безопасности и требованиям оптимизации технологий производства сельскохозяйственной продукции [50,81,82,1,54,47].

Однако ДМ не в полном объеме способна реализовать свои преимущества на орошении сельскохозяйственных культур в связи с высокой энергоемкостью.

На основании анализа литературных источников, патентного обзора, был произведен сопоставительный анализ существующих способов и методов снижения давления широкозахватных машин и определены основные технические требования по совершенствованию технических средств ДМ «Фрегат», которые заключаются в создании эффективных технических средств, обеспечивающих следующие режимы работы:

- возможность проведения полива при сниженных давлениях при требуемых нормах и продолжительности полива;
- возможность перемещения машины без проведения полива.

Конструкция должна быть проста в исполнении и эксплуатации, обеспечивать высокую надежность и эффективность работы ДМ «Фрегат».

Работа машины в указанных режимах должна осуществляться автоматически под контролем высокоэффективных средств защиты, обеспечивающих:

- Одновременно двойную защиту машины от поломок в момент аварийной ситуации:

- остановка движения тележек, исключая изгиб трубопровода;
- отключение ДМ «Фрегат», от питающей сети.
- Дистанционное управление машиной с любой опорной тележки;
- Автоматическое включение исправных дождевальных машин после остановки работы насосной станции в период ее повторного пуска.

Технические требования к эксплуатации создаваемой ДМ «Фрегат», обеспечивающей работу в режимах при низких напорах заключаются в следующем [50,49,22]:

- При давлении воды на входе 0,3 МПа:
 - минимальная норма полива должна равняться $220 \text{ м}^3/\text{га}$, (при частоте хода гидроцилиндра последней тележки 4 такт/мин.);
 - максимальная норма полива должна равняться $600 \text{ м}^3/\text{га}$, (при частоте хода гидроцилиндра последней тележки 1,5 такт/мин.).
- При давлении воды на входе 0,35 МПа:
 - минимальная норма полива должна равняться $300 \text{ м}^3/\text{га}$, (при частоте хода гидроцилиндра последней тележки 4 такт/мин.);
 - максимальная норма полива должна равняться $650 \text{ м}^3/\text{га}$, (при частоте хода гидроцилиндра последней тележки 1,5 такт/мин.).

2.2. Обоснование конструктивных параметров ДМ «Фрегат», обеспечивающих работу в режимах при низких давлениях

На основании непосредственных наблюдений, исследований, анализа литературных и патентных источников существующих способов и методов снижения давления широкозахватных машин, нами было выбрано наиболее перспективное решение для реализации, патент (№ 2212787) [5].

Однако данное решение имеет существенный недостаток, заключающийся в низкой эффективности работы машины. Из-за частичного отбора поливной воды

(напора) в начале машины и переброски ее с помощью дополнительного трубопровода по всей длине машины для питания гидроприводов опор, это приводит к уменьшению расхода в трубопроводе машины из которого осуществляется полив, в результате чего снижается поливная норма и ухудшаются качественные характеристики создаваемого дождя.

Поэтому для эффективной эксплуатации ДМ «Фрегат», необходимо совершенствование технических средств машины, путем разработки новых элементов конструкции и их взаиморасположения, которые будут обеспечивать работу при следующих режимах:

- режим проведения полива при сниженных давлениях;
- режим работы, осуществляющий движение без полива.

При разработке технического решения машины, работающей в указанных режимах, нами была поставлена основная задача – снижение энергозатрат на подачу 1 м³ орошаемой воды на поливные нужды при условии обеспечения требуемой нормы и продолжительности полива орошаемой культуры.

Исходя из этого и на основании патентного поиска, литературного обзора, а так же гидравлической модели и алгоритма проведенных прикладных расчетов, совершенствование и конструирование дождевальная машины осуществлялось по следующей методологии:

1. Полив и распределение оросительной воды осуществляется из водопроводящего пояса машины;
2. Движение гидроприводов опорных тележек производится давлением воды из новой системы подачи посредством напорного трубопровода.

В результате этого объем забираемой воды из напорного трубопровода увеличивается и, несмотря на низкий напор, все характеристики работы машины сохраняются.

Поставленная задача достигалась тем, что дополнительный трубопровод подключен к напорному трубопроводу до запорного органа с гидроприводом через

гидроуправляемый клапан, а исполнительный блок гидрореле подключен к напорному трубопроводу через фильтрующий элемент и кран, при этом линия дополнительного трубопровода снабжена г-образным патрубком расположенным и жестко закрепленным внутри неподвижной трубы, имеющим выход одного конца наружу, в неподвижной трубе, обеспечивающего гидравлическую связь с напорным трубопроводом через кран, фильтрующий элемент и гидроуправляемый клапан, а выход другого конца, обеспечивающего связь с дополнительным трубопроводом и распределительными клапанами гидроприводов опор, осуществлен в стакан, жестко закрепленный на поверхности поворотного колена, причем стакан снабжен запрессованной в тело стакана и ограниченной в движении упорными кольцами втулкой, выполненной из фторопластового материала, уплотняющим элементом, гнандбуксой и прижимной крышкой.

Благодаря подключению дополнительного трубопровода к напорному трубопроводу до запорного органа, обеспечивается положительный эффект- увеличение расхода воды в трубопроводе машины за счет исключения ее отбора из поворотного колена машины как предусматривается в прототипе, наряду с этим сохраняется положительный эффект известный в прототипе, защита машины от поломок при возникновении аварийной ситуации и отказе запорного органа с гидроприводом.

Увеличение расходных характеристик в трубопроводе машины позволит сохранить поливную норму даже при значительном снижении напора на гидранте машины и улучшит стабильность работы гидроприводов опор и машины в целом. Подключение исполнительного блока гидрореле к напорному трубопроводу через кран и фильтрующий элемент обеспечивает два режима работы: режим движения без проведения полива и режим проведения полива при снижении давления, при этом исключается запорное устройство, установленное на поворотном колене (известное в прототипе).

Исключение запорного устройства снижает вес машины по сравнению с прототипом и исключает отказ в работе конструкции в связи с возможным выворачиванием поворотного колена из гнезда неподвижной трубы из-за веса запорного

устройства, что в целом повышает надежность в работе машины. Благодаря снабжению г-образным патрубком, расположенным и жестко закрепленным внутри неподвижной трубы, имеющим выход одного конца наружу и обеспечивающего гидравлическую связь с гидруправляемым клапаном, а выход другого конца, обеспечивающего связь с дополнительным трубопроводом и распределительными клапанами гидроприводов опор осуществлен в стакан, жестко закрепленный на поверхности поворотного колена, обеспечивается запитка дополнительного трубопровода напрямую из напорного трубопровода, что позволяет повысить качественные характеристики машины и улучшить надежность работы и качество проведения полива.

Втулка, запрессованная в теле стакана и ограниченная в движении упорными кольцами, выполнена из фторопластового материала, снабжена уплотняющим элементом, грандбуксой и прижимной крышкой, это обеспечивает герметичность и плавное вращение поворотного колена вокруг г-образного патрубка, что способствует повышению надежности в работе и получению новых качественных характеристик машины.

На рисунке 2.1-2.2. представлен чертеж усовершенствованной ДМ «Фрегат», которая включает в себя: неподвижную опору 1 с трубой 2 и поворотным коленом 3, соединяющимся с трубопроводом машины 4, дождевальными аппаратами 5, самоходные тележки с гидроприводами 6 и распределительными клапанами 7, со сливными магистралями 8, при этом распределительные клапана 7 подключены к дополнительному трубопроводу 9, снабженному в его головной части гидруправляемым клапаном 10, запорным органом 11 с гидроприводом 12, управляемым исполнительным блоком 13 гидрореле 14, а управляющий блок 15 гидрореле 14 связан с напорным трубопроводом 16 через кран 17, фильтр 18 и сужающее устройство 19 трубкой 20 внешней системы защиты, соединяющей последовательно исполнительные клапана 21, выполненные в виде двух звеньев 22,23, и гидропривод 24 гидруправляемого клапана 10, сливные магистрали 8, гидроприводов 6 опорных тележек снабженных насадками 25, дополнительный трубопровод 9 подключен к

напорному трубопроводу 16 до запорного органа 11 с гидроприводом 12 через гидроуправляемый клапан 10, исполнительный блок 13 гидрореле 14 подключен к напорному трубопроводу 16 отдельно от управляющего блока 15 гидрореле 14 через фильтр 26 и кран 27, а линия дополнительного трубопровода снабжена г-образным патрубком 28 расположенным и жестко закрепленным внутри неподвижной трубы, имеющим выход одного конца наружу, обеспечивающего гидравлическую связь с напорным трубопроводом 16 через кран 29, фильтр 30 и гидроуправляемый клапан 10, а выход другого конца, обеспечивающего связь с дополнительным трубопроводом 9 и распределительными клапанами 7 гидроприводов опор, осуществлен в стакан 31, жестко закрепленный на поверхности поворотного колена, стакан снабжен запрессованной в тело стакана и ограниченной в движении упорными кольцами 32, втулкой 33, выполненной из фторопластового материала, уплотнением 34, грандбуксой 35 и крышкой 36 [6].

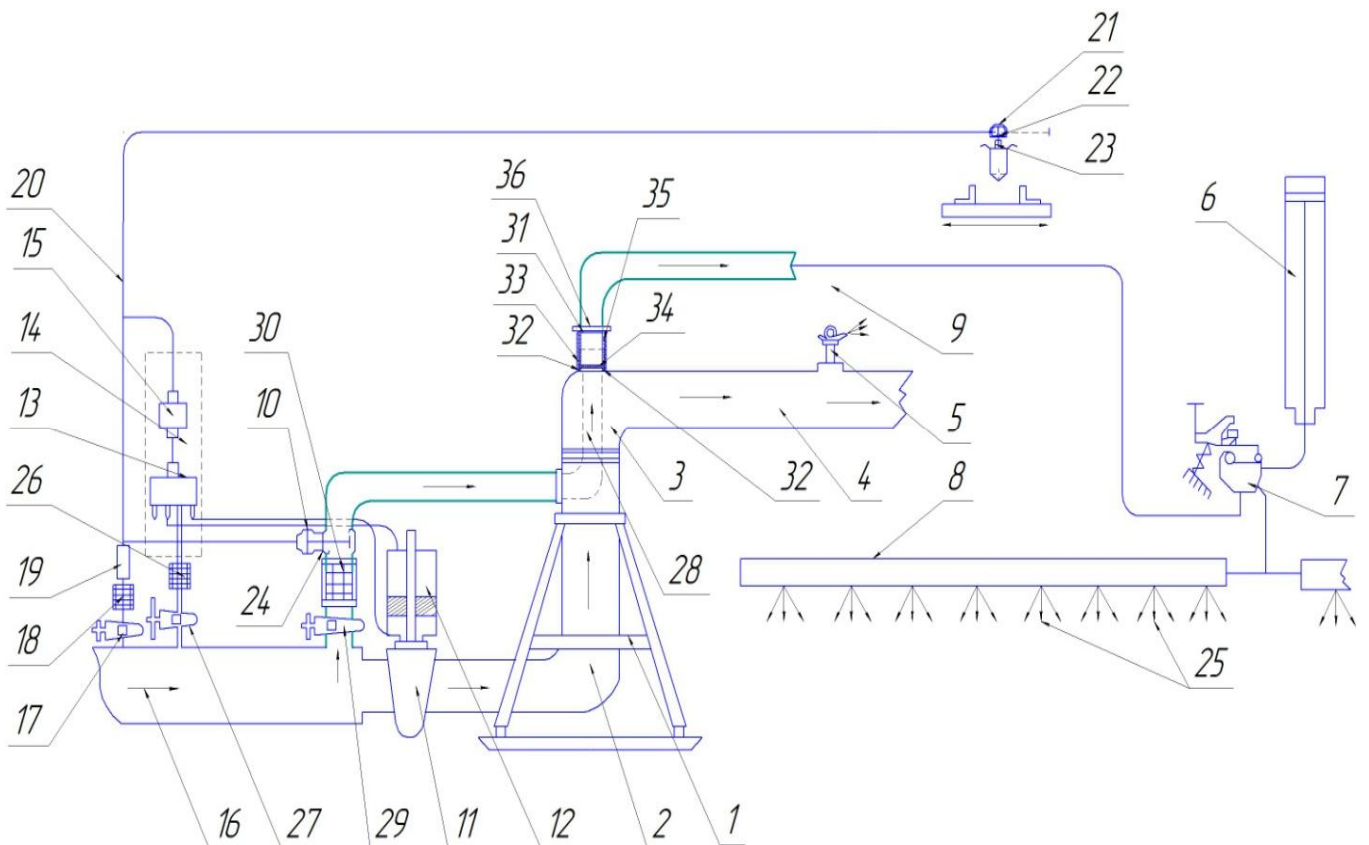


Рисунок 2.1 - Общая схема ДМ «Фрегат», работающая в режимах пониженного давления

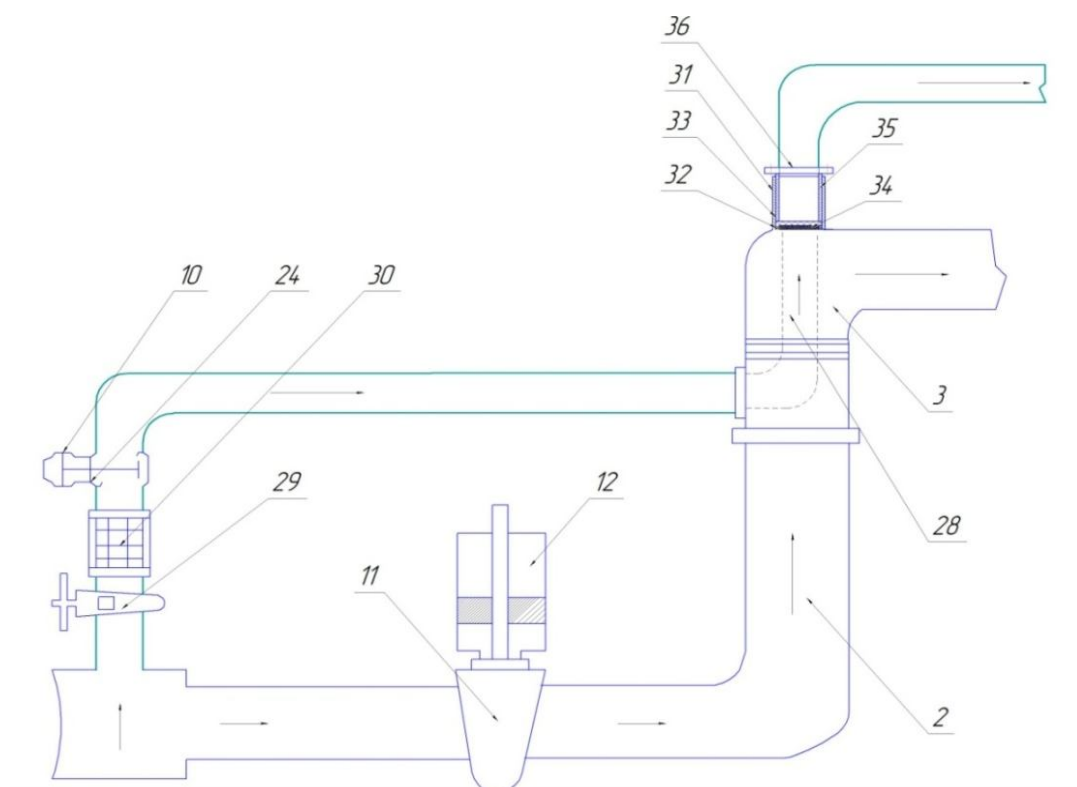


Рисунок 2.2 - Элементы связи конструктивного исполнения

Для определения режимов работы усовершенствованной ДМ «Фрегат» и их соответствия предъявленным требованиям, необходимо разработать гидравлическую модель расчета норм и продолжительности полива ДМ «Фрегат» при снижении давления ниже паспортной величины [13].

2.3. Разработка гидравлической модели, алгоритма и прикладной программы расчета норм и продолжительности полива ДМ «Фрегат» при снижении давления ниже паспортной величины

Главной задачей дождевальная машины является распределение оросительной воды по полю, причем распределение должно осуществляться с соблюдением рекомендованных норм и сроков полива, обеспечивающих требуемую влажность почвы, необходимую для выращивания сельскохозяйственных культур. Дождевальная машина «Фрегат» имеет конструктивные параметры, которые определяют ее настройку на поливную норму и на продолжительность проведения полива.

Гидравлическая модель дождевальной машины определяет в первую очередь свои параметры, исходя из величины поливной нормы. При этом объем подачи воды ДМ «Фрегат» будет равен [81]:

$$W = mA = \frac{m\pi R^2}{10000}, \text{ м}^3 \quad (2.1)$$

где: W – объем подачи воды за полив, м^3 ; m – величина поливной нормы, $\text{м}^3/\text{га}$; A – площадь полива дождевальной машиной «Фрегат» при количестве опор (16) и количестве дефлекторных насадок (45), га; R – радиус полива, м.

Важным критерием работы дождевальной машины является скорость движения машины и продолжительность полива.

Линейная скорость движения машины, согласно Фокину Б.П. [102,103] выражается в виде:

$$V = 60 \cdot n \cdot l, \text{ м/час} \quad (2.2)$$

где: n – цикличность привода последней опоры, такт/мин; l – шаг движения последней опоры при одном такте гидроцилиндра (0,16 м).

Продолжительность полива при полном обороте ДМ «Фрегат» на одной позиции, рассчитываемая через количество тактов гидроцилиндра:

$$T = \frac{Z}{60n}, \text{ час}, \quad (2.3)$$

где: Z – количество тактов гидроцилиндра последней опоры, при полном обороте ДМ определяется по зависимости:

$$Z = \frac{L}{l}, \text{ такт}, \quad (2.4)$$

где: L – длина пути движения последней самоходной опоры по окружности с радиусом R , при полном обороте машины, определяется как:

$$L = 2 \cdot \pi \cdot R, \text{ м}, \quad (2.5)$$

Расход воды дождевальной машины для полива сельскохозяйственной культуры поливной нормой (m) определяется по зависимости [3,84]:

$$Q_M = \frac{W}{3,6T}, \text{ л/с}, \quad (2.6)$$

Подставив в выражение (2.6) величину объема W из зависимости 2.1 и, выразив продолжительность полива T через зависимости 2.3, 2.4, 2.5, получим:

$$Q_M = \frac{\pi m R^2}{3,6 \cdot 10000} \cdot \frac{60 nl}{2\pi r} = 52,36 \cdot 10^{-4} \cdot (nm) \frac{R^2}{Z} = 1,333 \cdot (nm) R. \quad (2.7)$$

По конструктивным и технологическим характеристикам ДМ «Фрегат» произведение цикличности и выданной поливной нормы есть величина постоянная, при условии постоянного напора воды на гидранте (или в начале ДМ), т.е. $(n \cdot m) = const$. Значение постоянной может быть определено полевыми исследованиями путем замера скорости движения последней тележки и величины, выданной ДМ поливной нормы.

Модель линейной карты расходов воды по длине усовершенствованной 16-и опорной дождевальнoй машины формируется из двух независимых потоков воды.

Величина расхода воды в основном водопроводящем трубопроводе дождевальной машины изменяется по длине трубопровода и уходит на полив через дефлекторные насадки. Дополнительный трубопровод используется для движения машины и сбрасывается из гидроцилиндров под колеса самоходной опоры. Изменение расхода воды в основном трубопроводе на полив через насадки между соседними тележками можно определить, используя зависимость 2.7:

- между 16 и 15 тележками

$$\Delta Q_{16-15} = Q_{16} = 1,333 \cdot nm (R_{16} - R_{15}); \quad (2.8)$$

- между 15 и 14 тележками

$$\Delta Q_{15-14} = Q_{15} = 1,333 \cdot nm (R_{15} - R_{14}), \quad (2.9)$$

.....

- между 2 и 1 тележками

$$\Delta Q_{2-1} = Q_2 = 1,333 \cdot nm (R_2 - R_1), \quad (2.10)$$

- между 1 тележкой и неподвижной опорой

$$\Delta Q_{1-0} = Q_1 = 1,333 \cdot nmR_1 \quad (2.11)$$

Соответственно, расчетные расходы на участках основного трубопровода составят:

$$Q_{0-1} = Q_M, \quad (2.12)$$

$$Q_{1-2} = Q_M - Q_1, \quad (2.13)$$

$$Q_{2-3} = Q_M - Q_1 - Q_2, \quad (2.14)$$

$$Q_{15-16} = Q_M - \sum_{i=1}^{15} Q_i. \quad (2.15)$$

Зная расчетные расходы (2.12) - (2.15), можно найти средние скорости и потери напора на всех участках основного трубопровода ДМ

$$V_{i-(i+1)} = Q_{i-(i+1)} / \Omega_{i-(i+1)}, \quad (2.16)$$

где: $\Omega_{i-(i+1)}$ – площади живого сечения потока на соответствующих участках основного трубопровода

$$\Omega_{i-(i+1)} = \pi d_{i-(i+1)}^2 / 4. \quad (2.17)$$

Расход воды, необходимый для работы гидроцилиндров, меняется по длине дождевальная машины, он зависит от угловой скорости движения машины и, следовательно, от общего количества тактов гидроцилиндров при полном обороте машины, объема рабочей камеры гидроцилиндра и местоположения рабочего органа по длине ДМ относительно гидранта.

Расчетные зависимости для расхода воды в гидроцилиндре имеют вид:

- между 15 и 16 тележками

$$q_{15-16} = \frac{n \cdot W_g \cdot Z_{16}}{60 \cdot Z_{16}}, \quad (2.18)$$

где: W_g - объем подачи воды на гидроцилиндр, m^3 ,

- между 14 и 15 тележками

$$q_{14-15} = \frac{n \cdot W_g \cdot (Z_{15} + Z_{14})}{60 \cdot Z_{16}}, \quad (2.19)$$

- между 1 и 2 тележками

$$q_{1-2} = \frac{n \cdot W_g \cdot (Z_{15} + Z_{14} + \dots + Z_1)}{60 \cdot Z_{16}}, \quad (2.20)$$

- между неподвижной опорой и 1 тележкой

$$q_{0-1} = \frac{n \cdot W_g \cdot (Z_{16} + Z_{15} + \dots + Z_1)}{60 \cdot Z_{16}}, \quad (2.21)$$

По расчетным расходам (2.16) - (2.18) можно найти средние скорости и потери напора на всех участках дополнительного трубопровода ДМ

$$V_{i-(i+1)} = q_{i-(i+1)} / \omega_{i-(i+1)}, \quad (2.22)$$

где: $\omega_{i-(i+1)}$ – площади живого сечения потока на соответствующих участках дополнительного трубопровода.

Потери напора в трубопроводах дождевальная машины состоят из потерь по длине и местных потерь. Для гидравлически длинных систем местные потери напора рекомендуется принимать 5 % от потерь по длине. Потери по длине определяли по формуле Дарси-Вейсбаха [3]:

$$h_{дл} = \frac{\lambda \cdot l \cdot V^2}{d \cdot 2g}, \quad (2.23)$$

где: $h_{дл}$ – потери напора воды по длине трубопровода, м; λ - гидравлический коэффициент трения; l, d – длина и диаметр соответствующего участка трубопровода, м; g – ускорение свободного падения, м/с²; V – средняя скорость движения воды в трубопроводе на расчетном участке, м/с:

$$V = \frac{Q}{0,785d^2}, \quad (2.24)$$

Коэффициент гидравлического трения для труб с равномерной шероховатостью определяется по формуле А.Д. Альтшуля [3]:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta_э}{d} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} \quad (2.25)$$

$\Delta_э$ – эквивалентная шероховатость труб, мм.

Для стальных труб $\Delta_э = 0,15$ мм;

для полиэтиленовых $\Delta_э = 0,065$ мм;

Re – число Рейнольдса, равное:

$$\text{Re} = \frac{V \cdot d}{\nu}, \quad (2.26)$$

где: ν – кинематический коэффициент вязкости жидкости, для воды имеющей температуру 18°C, $\nu=0,01 \text{ см}^2/\text{с}$.

Местные потери напора возникают на 11-ой самодвижущейся опоре при изменении диаметра водопроводящего пояса ДМ.

Зависимость, учитывающая потери напора на местном сужении, имеет вид:

$$h_m = \xi_m \cdot \frac{v^2}{2g}, \text{ м.вод.ст.} \quad (2.27)$$

где: ξ_m – коэффициент местного сопротивления:

$$\xi_m = k \cdot 0,5 \left(1 - \frac{d^2}{d_1^2} \right), \quad (2.28)$$

Общие потери напора в каждом из трубопроводов ДМ определяются по зависимости [3]:

$$h_{\text{сумм}} = h_{\text{дл}} + h_m, \text{ м.вод.ст.} \quad (2.29)$$

Зная конструктивные характеристики водопроводящих элементов ДМ «Фрегат» и алгоритм расчета гидравлических параметров (2.1) – (2.29), можно получить характеристики изменения напора воды в основном водопроводящем поясе ДМ и в дополнительном трубопроводе, в частности, для основного трубопровода

$$H_j = H_{\text{св}} - \sum_{i=0}^j h_{\text{сумм}i}, \text{ м.вод.ст.} \quad (2.30)$$

где: $H_{\text{св}}$ – свободный напор воды на гидранте ДМ.

Для обеспечения движения ДМ «Фрегат» необходимо обеспечить достаточное тяговое усилие, так на участках без уклона необходимое тяговое усилие для передвижения тележки на посевах равняется:

- многолетних трав и лугов – 1,0...2,0 кН;
- зерновых – 2,0...3,0 кН;
- на пахоте – 3,0...4,7 кН.

Тяговое усилие ходовой опоры при преодолении подъема увеличивается на

0,36 кН на каждый % его возрастания. При увеличении местного уклона с 0 до 8 тяговое усилие возрастает с 3,31 до 5,56 кН (рисунок 2.3).

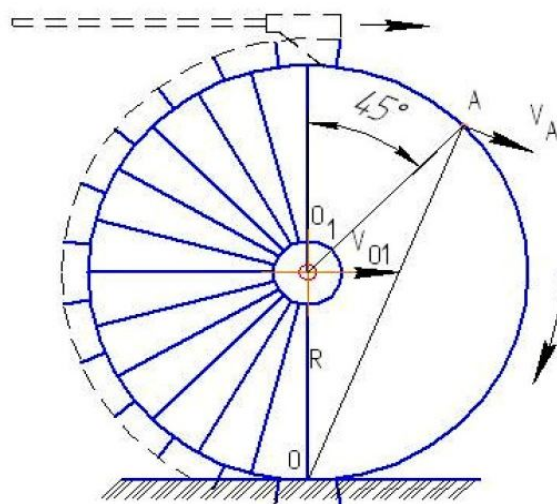


Рисунок 2.3 – Силы, действующие на опорные колеса ДМ «Фрегат»

Тяговое усилие (F , кН), создаваемое гидроцилиндром на передвижение тележки, рассчитывается по формуле:

$$F = f \cdot P_{\Gamma} \cdot i \cdot a, \quad (2.31)$$

где: f - рабочая площадь поршня гидроцилиндра, $f=117 \text{ см}^2$; P_{Γ} - давление под поршнем гидроцилиндра, МПа; i - передаточное отношение плеча силового рычага, $i=2,9$; a - коэффициент перевода, $a=0,1$.

Для создания тягового усилия ходовой опоры 10,0 кН, давление в конце водопроводящего трубопровода достаточно 0,20 МПа, вместо 0,40 МПа (серийная ДМ «Фрегат») [28].

С позиции достаточного тягового усилия для усовершенствованной ДМ «Фрегат» обеспечение максимального тягового усилия ходовой опоры 10,0 кН давление под поршнем гидроцилиндра должно быть:

$$P_{\Gamma} = F/f \cdot i \cdot a = 10/117 \cdot 3,58 \cdot 0,1 = 0,25 \text{ МПа}. \quad (2.32)$$

Давление на входе ДМ «Фрегат» для основных модификаций при модернизации изменяется в пределах от 0,22 до 0,26 МПа (для ДМУ-Б-463-90) при этом должны использоваться колеса с 28 грунтозацепами.

Расход дождевальной насадки [23] зависит от диаметра сопла насадки, давления воды на выходе, конструктивных особенностей дождевателя и определяется по формуле [84,85]:

$$q_n = \mu \cdot \omega \cdot (2 \cdot g \cdot H_u)^{0,5}, \text{ л/с} \quad (2.33)$$

где: q_n – расход дефлекторной насадки, л/сек; g – ускорение свободного падения м/с^2 ; ω_d – площадь живого сечения дюзы (сопла) насадки, мм^2 ; μ – коэффициент расхода, при среднем значении $\mu = 0,87$, выражение (2.31) принимает вид [84]:

$$q_n = \frac{D_d^2 \cdot H_u^2}{330}, \text{ л/с;} \quad (2.34)$$

где: D_d – диаметр калиброванного отверстия дюзы 45 – ой дефлекторной насадки ДМ, мм ; H_u – напор воды на выходе перед 45 – ой дефлекторной насадкой, определяется, используя эмпирическую зависимость [28], соотношения давления воды в водопроводящем поясе ДМ и давления воды перед дождевателем:

$$H_u = H_j / \left(0,2258 \left(\frac{10 \cdot \omega_n}{\omega_d}\right)^{0,68} \cdot \left(\frac{D_{cm}}{D_d}\right)^{0,456} (0,1 \cdot H_{ji})^{0,15}\right), \text{ м.вод.ст.}; \quad (2.35)$$

где: ω_n – площадь насадки; $D_{ст}$ – внутренний диаметр регулировочной дюзы, $D_{cm} = 18 \text{ мм}$.

Установленные технические характеристики, определяющие режим работы ДМ, необходимо проверять на качество искусственного дождя, оценить его структуру и сравнить с допустимыми параметрами.

Средняя интенсивность дождя определяется по формуле [81,60]:

$$\rho_{cp} = \frac{60 \cdot q_n \cdot K_{II}}{\pi \cdot R_d^2} = \frac{19,1 \cdot q_n \cdot K_{II}}{R_d^2}, \text{ мм/мин} \quad (2.36)$$

где: q_n – расход дефлекторной насадки, л/сек; K_{II} – коэффициент перекрытия струи насадки, определяется по зависимости:

$$K_{II} = \frac{R_d}{0,5 \cdot l_n} \quad (2.37)$$

где: l_n – расстояние между насадками, м ; R_d – радиус захвата дождем дефлекторной насадкой, м .

При установке насадки на высоте 2,0 м от поверхности почвы, радиус захвата равен [84,85]:

$$R_d = H_u \left(0,728 + 0,742 \cdot \frac{H_u}{D_0} \right), \text{ м} \quad (2.38)$$

Оптимальные поливные нормы сельскохозяйственных культур установлены путем их минимизации без снижения урожайности сельскохозяйственных культур. Главными приемами уменьшения водоподачи были: дифференциация расчетного слоя и поливной нормы в течение вегетации культур [81].

Эрозионно-допустимая норма полива при способе полива дождеванием зависит от: водно-физических свойств почвы, впитывающей способности почвы, агрофона и технологии полива.

Эрозионно-допустимая поливная норма может быть установлена по зависимости [81]:

$$m_d = \frac{K_v}{\sqrt{\rho_{cp}} \cdot e^{0,5-d_{kcp}}}, \text{ мм} \quad (2.39)$$

где: m_d – досточковая поливная норма, мм; K_v – показатель свободного впитывания воды в почву, мм; ρ_{cp} – средняя интенсивность дождя под данной 45 – ой дефлекторной насадкой ДМ, мм/мин; d_{kcp} – средний диаметр капель дождевого облака, образованного 45 – ой дефлекторной насадкой ДМ, мм; e – основание натурального логарифма.

Крупность капель дождя дефлекторных насадок определяется диаметром сопла (дюзы) и напором на выходе струи. Средний диаметр капель дождя дефлекторных насадок увеличивается с увеличением относительного радиуса полета капль (X_i/Rd_j), диаметра сопла и с уменьшением напора перед насадкой [81,84]:

$$d_{kcp} = d_{kmin} \cdot X_i / R_d \cdot \left(d_{kmax} - d_{kmin} \right) \cdot e^{-0,757(1-X_i / Rd_j)}, \text{ мм} \quad (2.40)$$

где: X_i – радиус полета капли от дефлекторной насадки, м; d_{kmax} – максимальный диаметр капель дождевого облака образованного 45 – ой дефлекторной насадкой ДМ, мм; d_{kmin} – минимальный диаметр капель дождевого облака образованного 45 – ой дефлекторной насадкой ДМ, мм;

Минимальный и максимальный диаметр капель в начале и конце радиуса захвата дождем дефлекторной насадки зависят от диаметра дюзы (D_d) и напора (H_u) и определяются уравнениями [81,84,85]:

$$dk_{\max} = 1,558 \cdot H_u^{-0,358} \cdot D_d^{-0,490}, \text{ мм}, \quad (2.41)$$

$$dk_{\min} = 0,274 \cdot H_u^{0,5397} \cdot D_d^{-1,07}, \text{ мм}. \quad (2.42)$$

Гидравлическая модель, алгоритм ее решения, составленная программа позволяют провести численные эксперименты и получить технические характеристики полива, а также определить оптимальный диаметр системы водоподдачи дополнительного трубопровода усовершенствованной дождевальная машины, который обеспечит стабильное движение машины при низких давлениях.

2.4. Определение массы усовершенствованной ДМ «Фрегат» с полиэтиленовым трубопроводом

При совершенствовании ДМ «Фрегат», используется дополнительный водопроводящий трубопровод, поэтому массу машины оцениваем, как массу полиэтиленового и стального трубопровода плюс масса воды в данных трубопроводах и сравниваем результат с массой стандартной ДМ «Фрегат».

Дополнительная полиэтиленовая труба $\varnothing 75 \times 3$ мм длина 460 м: Масса 1 п. м. – 3 кг. Общая масса полиэтиленовой трубы без воды (460 м) равна 1380 кг, а с учетом фланцев, штуцеров и кронштейнов – 1450 кг. Масса воды в 1 п. м дополнительной полиэтиленовой трубы – 5,2 кг, в 10 м – 52 кг. Общая масса полиэтиленовой трубы с водой: $1450+2392=3842$ кг (табл. 7).

Таблица 2.1 – Сводная таблица расчета массы ДМ «Фрегат»

Позиции	Серийная ДМ	Усовершенствованная ДМ
1. Диаметр стального трубопровода	170	170
2. Диаметр полиэтиленового трубопровода	-	75
3. Масса полиэтиленового трубопровода 10/460 м, с водой, кг	-	83.5/3842
4. Масса стальной трубы 10/460 м, с водой, кг	328,7/15120	328,7/15120
5. Общая масса, кг	15120	18962

Таким образом, применение дополнительного трубопровода на передвижение ДМ «Фрегат», повышает общую массу усовершенствованной ДМ на 17 % по сравнению с серийной ДМ.

2.5. Выводы

1. Установлены технические требования и режимы работы усовершенствованной ДМ «Фрегат»:

- При давлении воды 0,3 МПа:
 - минимальная норма полива 220 м³/га;
 - максимальная норма полива 600 м³/га.
- При давлении воды на входе 0,35 МПа:
 - минимальная норма полива 300 м³/га;
 - максимальная норма полива 650 м³/га.

2. Обоснованы конструктивные параметры ДМ «Фрегат», обеспечивающей работу в режимах при низких давлениях и оборудованной дефлекторными дождеобразующими устройствами.

3. Разработана гидравлическая модель зависимости норм и продолжительности полива ДМ «Фрегат» от напорных характеристик, которая позволяет:

- рассчитать нормы и продолжительность полива при снижении давления ниже паспортной величины;
- оценить эрозионно-допустимую поливную норму;
- определить оптимальный диаметр системы водоподачи дополнительного трубопровода.

4. Проведен расчет массы усовершенствованной конструкции ДМ «Фрегат», на основании которого было выявлено, что общая масса машины после модернизации возрастет на 17 % относительно серийной машины;

5. Для определения работоспособности усовершенствованной ДМ «Фрегат», работающей в режимах пониженных давлений необходимо:

- проведение испытаний в лабораторных и полевых условиях.

- проведение исследований по определению технических характеристик усовершенствованного образца (норм и сроков полива) согласно техническому заданию на разработку.
- проведение расчета экономической эффективности усовершенствованного образца ДМ «Фрегат».

3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Программа полевых и экспериментальных исследований эксплуатационных показателей серийной ДМ - 463-90 «Фрегат»

3.1.1. Цели и задачи полевых исследований

На основании проведенного анализа и изучения трудов российских и зарубежных ученых [101,45,85,73,37,105,16,100,114 и др.] установлено, что основным направлением уменьшения энергоемкости ДМ «Фрегат» модификации 463-90 является снижение рабочего давления, определение зависимости поливной нормы и продолжительности полива от изменения напорных характеристик, а так же определение затрат электроэнергии на проведение полива.

Задачи исследований:

1. Определить возможное снижение рабочего давления ниже паспортной величины, при которых технические показатели работы ДМ 463-90 «Фрегат», будут отвечать предъявленным требованиям к поливу орошаемой культуры.
2. Установить зависимости поливной нормы и скорости движения машины от напорных характеристик на гидранте машины;
3. Установить показатели качества полива при снижении давления и подобрать карту настройки дождеобразующих устройств;
4. Определить затраты электроэнергии на полив при снижении давления.

3.1.2. Краткая характеристика объектов исследований при испытаниях серийной ДМ 463-90 «Фрегат»

Исследования проводились на землях сельскохозяйственного назначения ООО «Наше дело», Энгельского района Саратовской области на Гагаринской оросительной системе, ПНС-4. По агроклиматическим условиям район проведения исследований относится к зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения, климат умеренно континентальный с преобладающим числом ясных и малооблачных дней

в году, жарким и сухим летом, холодной и малоснежной зимой, отмечается короткая весна и непродолжительная осень, большая вероятность весенних и осенних заморозков. Высокие значения температуры приходятся на июнь, июль и август, средний максимум в июле $+30^{\circ}\text{C}$, низкие на январь и февраль, средний минимум в феврале -23°C .

Весна нестабильная, холода продолжаются до апреля, снежный покров достигает 30-40 см. Лето жаркое, возможны засухи, а также резкое похолодание в начале и конце. Максимальное количество осадков 49 мм выпадает в ноябре, минимальное 25 мм в апреле, осадки распределяются неравномерно. Относительная влажность воздуха максимальна зимой и достигает 85 %, минимальное значение – в летнее время 55 % [19,40,47, 74,75,95].

Насосная станция: ПНС – 4; 3 очередь, включает: 2 насоса марки НД 1250, расход – $1250\text{ м}^3/\text{ч}$ при мощности – 650 кВт/ч; рабочее давление - 1,2 Мпа и 2 насоса марки СПНС 100/100, расход – $100\text{ м}^3/\text{ч}$ при мощности – 160 кВт/ч; рабочее давление - 1,2 Мпа. Полив осуществляется от гидранта закрытой оросительной сети с забором воды из оросительного канала № 10. В хозяйстве 29 единиц дождевальной техники, из которых: ДМ «Фрегат» - 26 шт., ДМ «Кубань ЛК» - 2 шт., ДМФ Б- 1 шт. [24]. Исследования проводились на серийной ДМ «Фрегат» ДМУ 463-90.

3.1.3. Методика проведения полевых исследований

Исследования проводились на основании стандартной методики СТО АИСТ 11.1 – 2010, которая заключалась в трехкратном, объемном измерении поливной нормы выдаваемой дождевальной машиной [98].

Для этого от гидранта ДМ «Фрегат» в радиальном направлении вдоль всего поливного фронта со стороны направления движения машины выставлялись осадкомеры в количестве 90 шт., по 6 осадкомеров между тележками самоходных опор, расстояние между центрами дождемеров составляло 4,5 м (Рисунок 3.1). Площадь

приема осадков осадкомера составляла 133 см^2 . (Карта настройки дефлекторных насадок представлена в таблице 6 приложения Г).



Рисунок 3.1 - Схема расстановки дождемеров

После расстановки дождемеров, при помощи анемометра, замерялись скорость и направление ветра, затем оператор производил включение дождевальной машины при разных величинах давления воды в начале трубопровода ДМ: $0,7 \text{ МПа}$; $0,6 \text{ МПа}$; $0,5 \text{ МПа}$; $0,45 \text{ МПа}$.

Во время полива измерялась скорость движения машины путем замера количества тактов хода гидроцилиндра за период времени.

После проведения полива, когда дождевое облако машины проходило все осадкомеры, ДМ «Фрегат» останавливалась и проводился оперативный замер объема оросительной воды в осадкомерах при помощи мерной мензурки (рисунок 3.2) [27].



Рисунок 3.2 – Замер объема осадков

После измерения объема оросительной воды в осадкомерах результаты замера фиксировались в сводной таблице журнала исследований.

3.1.4. Оценка энергозатрат на работу серийной ДМ «Фрегат»

Одним из главных требований к дождевальной технике является оптимальное расходование энергоресурсов. В мелиорации их потребление выражается в киловатт-часах электроэнергии, поэтому важно выделить основные факторы, влияющие на расход электроэнергии.

Это можно сделать, исходя из следующих выражений:

$$N_o = N_h + N_l + N_i + \sum_{i=1}^n N_s + N_w, \text{ кВт/ч} \quad (3.1)$$

где: N_o - затраты мощности насосной станции, кВт/ч; N_h – затраты мощности на преодоление геодезической высоты от водозабора до самого удаленного гидранта оросительной сети, кВт; N_l – затраты мощности в оросительной сети, кВт; N_i – суммарные потери мощности в насосном оборудовании, кВт; N_s – мощность, необходимая для работы ДМ, кВт; n – число одновременно работающих ДМ, шт.; N_w – затраты мощности на утечке воды из сети напорных трубопроводов, кВт.

1. Затраты мощности на преодоление геодезической высоты от водозабора до конечного гидранта оросительной системы:

$$N_h = 0,001 \cdot \rho \cdot 9,8 \cdot Q_o (h_h + h_l + h_H), \text{кВт/ч} \quad (3.2)$$

где: N_h - мощность на преодоление геодезической высоты от водоисточника до конечного гидранта оросительной системы; ρ – плотность воды, кг/см³; Q_o – расход насосной станции, м³/с; h_h – высота всасывания, м; h_l – потери напора по длине всасывающего трубопровода, м; h_H – потери напора на местное сопротивление во всасывающем трубопроводе, м.

2. Затраты мощности в закрытой оросительной сети:

$$N_o = 0,001 \cdot \rho \cdot 9,8 \cdot Q_o (h_h + h_l + h_i), \text{кВт/ч} \quad (3.3)$$

где: N_o - мощность в закрытой оросительной сети h_h – высота подъема воды от насоса до оросительной сети, м; h_l – потери напора по длине в напорных трубопроводах, м; h_i – потери напора на местное сопротивление в напорном трубопроводе, м.

3. Суммарные потери мощности в насосном оборудовании:

$$N_i = N_{iH} + N_{iЭ} + N_{iT}, \text{кВт/ч} \quad (3.4)$$

где: N_{iH} – потери мощности в насосной станции:

$$N_{iH} = \frac{0,001 \cdot \rho \cdot 9,8 \cdot Q_o \cdot h_o \cdot (1 - h_{cp})}{\eta_{Hs}}, \text{кВт} \quad (3.5)$$

где: η_{Hs} – КПД насосной станции; h_o - напор насосной станции, м; h_{cp} - усредненный КПД насосов;

$N_{iЭ}$ – потери мощности на передачу от электродвигателя к насосу, кВт;

$$N_{iH} = \frac{0,001 \cdot \rho \cdot 9,8 \cdot Q_o \cdot h_o \cdot (1 - h_{oT})}{\eta_{H_s}}, \text{кВт} \quad (3.6)$$

где: h_{oT} - КПД передачи; N_{iT} - потери мощности в переходах от насоса к трубопроводу, кВт.

$$N_{iT} = 0,001 \cdot \rho \cdot 9,8 \cdot Q_o + h_o, \text{кВт/ч} \quad (3.7)$$

где: h_o - потери напора в переходах, м.

4. Затраты мощности на утечке воды из сети напорных трубопроводов, кВт.

$$N_w = 0,001 \cdot \rho \cdot 9,8 \cdot \Delta Q_w + h_o, \text{кВт/ч} \quad (3.8)$$

где: ΔQ_w - потери воды на утечки из напорных трубопроводов, м³/с.

5. Затраты мощности для работы дождевальных машин, кВт:

$$N_{sp} = N_{sd} + N_{sc} + N_{sv} + N_{st} + N_{sw}, \text{кВт/ч} \quad (3.9)$$

где: N_{sp} - мощность, необходимая для работы ДМ, кВт; N_{sd} - мощность, необходимая для образования капель дождя, кВт; N_{sc} - мощность, необходимая для создания зоны дождя, кВт; N_{sv} - мощность, необходимая для гидропривода ходовых опор ДМ «Фрегат», кВт; N_{st} - мощность, затрачиваемая на потери напора по длине водопровода ДМ, кВт; N_{sw} - потери мощности от сброса и утечек воды из напорного трубопроводов ДМ, кВт.

6. Расход воды насосным агрегатом, м³/ч:

$$Q_{ap} = 3600 \cdot Q_M = 288 M^3 / \text{ч} \quad (3.10)$$

где: Q_M - расход воды ДМ, л/с.

7. Затраты энергии, приведенные к точке водовыдела на полив, определяются произведением необходимой мощности на время подачи воды, кВт·ч/м³:

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}}{W} = \frac{N_o}{3,6 \cdot Q \cdot T} \cdot T = \frac{N_o}{288}, \text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3 \quad (3.11)$$

где: \mathcal{E} - затраты энергии, кВт·ч/м³; W - объем подачи воды ДМ «Фрегат»; Q - расход в л/с; T - время полива за один оборот машины, ч.

8. Годовой расход воды на полив, м³:

$$Q_{год} = M \cdot S, \text{м}^3 \quad (3.12)$$

где : M - оросительная норма за сезон $\text{м}^3/\text{га}$; S —площадь полива, га.

9. Энергоемкость орошения в расчете на 1000 м^3 поданной воды определяли по следующей формуле:

$$N_{op} = 2,72 \cdot \left(\frac{H}{\eta_H} + \frac{H_1}{\eta_{H_1}} \right), \text{кВт} \cdot \text{ч} / 1000 \text{ м}^3 \quad (3.13)$$

где: N_{op} — энергоемкость орошения, $\text{кВт} \cdot \text{ч} / 1000 \text{ м}^3$; η_H – КПД насосной станции ($\eta_H \approx 0,75$); η_{H_1} – КПД насосно-силового оборудования дождевальных и поливных машин; H - напор воды на гидранте подключения дождевальной машины, м.в.ст; H_1 – напор, развиваемый насосно-силовым оборудованием машин (м).

10. Годовой расход электроэнергии в планируемом году (за сезон):

$$W_{год} = Q_{год} \cdot \mathcal{E}, \text{кВт} \quad (3.14)$$

11. Норма расхода электроэнергии на 1000 м^3 воды:

$$H_T = \frac{2,72 \cdot H}{\eta}, \text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. м}^3 \quad (3.14)$$

где: H – полный напор насосной станции H (м); η – КПД насосной установки.

12. Удельный расход энергии на полив определяем по следующей формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}}{P}, \text{кВт} \cdot \text{ч} / \text{га} \quad (3.16)$$

где: P – производительность поливной техники и определяется по зависимости:

$$P = \frac{Q \cdot 3,6}{m}, \text{га} / \text{час} \quad , \text{га} / \text{час} \quad (3.17)$$

где: m – норма полива ($\text{м}^3 / \text{га}$).

3.2. Программа полевых и экспериментальных исследований эксплуатационных показателей усовершенствованной ДМ «Фрегат»

3.2.1. Цели и задачи полевых и экспериментальных исследований

Целью полевых и экспериментальных исследований является подтверждение теоретического обоснования усовершенствованной конструкции ДМ «Фрегат», работающей в режимах при низких давлениях.

Программа испытаний содержит следующие задачи:

1. Провести лабораторные и полевые испытания ДМ «Фрегат» установить работоспособность усовершенствованной конструкции.
2. Провести полевые испытания ДМ «Фрегат», установить соответствие режимов и параметров поливной нормы и продолжительности полива.
3. Провести полевые испытания ДМ «Фрегат», установить показатели качества полива.
4. Дать техническую и экономическую оценку разработанной ДМ «Фрегат», работающей в режимах при низких давлениях.

3.2.2. Лабораторные испытания дождеобразующих устройств усовершенствованной ДМ «Фрегат»

При снижении рабочего давления ниже паспортной величины серийные дождеобразующие устройства, установленные на дождевальная машина, требуемый полив не производят, поэтому для корректной работы усовершенствованной ДМ «Фрегат» необходимо разработать дождеобразующие устройства с номенклатурным рядом, который позволит производить работу устройств при низком давлении с требуемыми характеристиками полива.

На основании этого разработаны дождеобразующие устройства дефлекторного типа (Рисунок 3.3) со сменными дюзами разного проходного сечения (рисунок 3.4) и проведены их лабораторные испытания, которые позволили:

1. Определить качественные характеристики работы дождеобразующих устройств для усовершенствованной ДМ «Фрегат» (расход воды, радиус захвата дождем, диаметр капель дождя, рабочий напора устройства, интенсивность дождя, равномерность дождя);
2. Сформировать карту настройки дождеобразующих устройств по длине усовершенствованной ДМ «Фрегат».

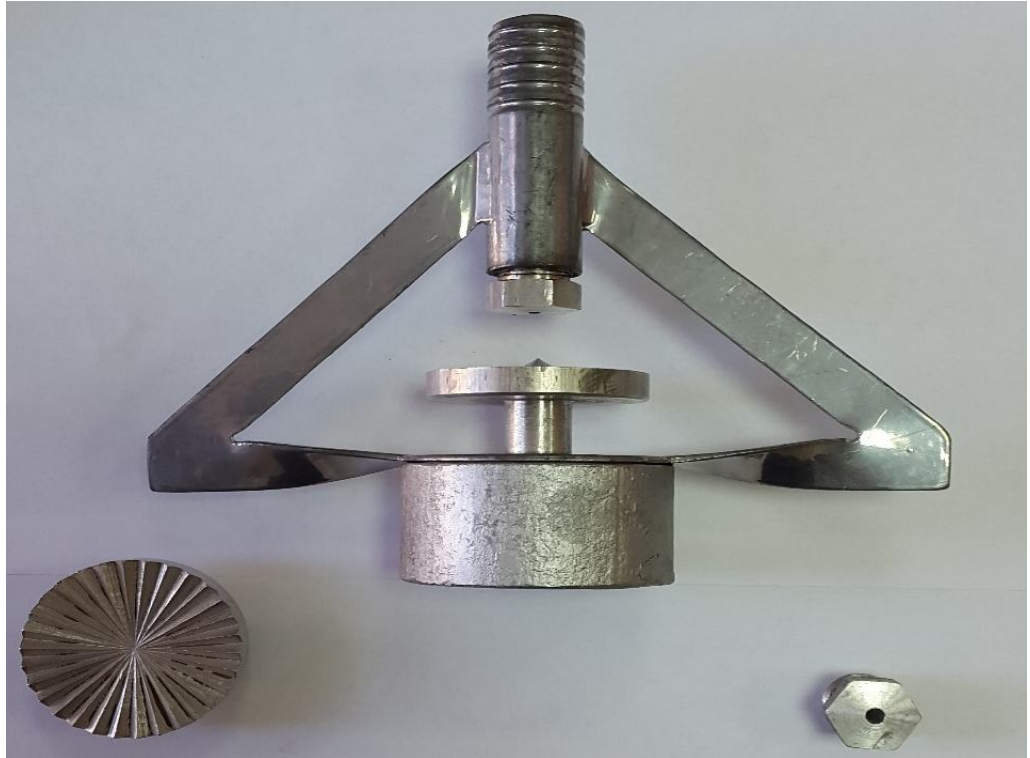


Рисунок 3.3 – Дождеобразующее устройство дефлекторного типа



Рисунок 3.4 – Сменные дюзы дождеобразующего устройства

Лабораторные исследования проводились в учебно-научно-производственной лаборатории изготовления объектов ландшафтной архитектуры в УНПК «Агроцентр СГАУ» в 2016 г. с учетом основных положений и методик [98,9,14,15,61].

3.2.3. Методика проведения лабораторных испытаний дождеобразующих устройств

Для определения качественных характеристик разработанных насадок был изготовлен лабораторный стенд (рис. 3.5, 3.6), состоящий из напорного трубопровода 1, дефлекторной насадки 2, которая посредством кронштейна 3 крепится на поперечной балке 4, двух опорных стоек 5, манометра 6, сетки установки дождемеров 7, дождемеров 8, регулировочного крана 9 и водоизмерительного прибора 10.

Работа лабораторной установки заключается в следующем: запитка установки производилась из сети центрального водоснабжения и под напором подавалась в трубопровод установки, который посредством фитингов подключен к исследуемому дождеобразующему устройству. После открытия запорного крана устройство начинало работу.



Рисунок 3.5 Общий вид экспериментального стенда



Рисунок 3.6 Запорный кран с водомером

Давление в трубопроводе и перед насадкой замерялось образцовым манометром ГОСТ 6521-60 и регулировалось запорным краном, при помощи которого устанавливалось необходимое полное давление на выходе струи, внизу лабораторного стенда установлены дождемеры, при помощи которых определялись исследуемые параметры, время работы фиксировалось секундомером, а общий расход воды в системе - водомером. Далее все полученные данные заносились в журнал исследований. Лабораторные исследования проводились на опытном стенде, при скорости ветра близкой к нулю в соответствии с требованиями СТО АИСТ 11.1-2010 [98].

Расход воды дождеобразующим устройством определяется по формуле:

$$q = \frac{W}{t}, \text{ л / с} \quad (3.18)$$

где: W – объем воды в дождемере, л; t – время наполнения дождемера, с.

При определении максимального радиуса захвата дождем дождеобразующее устройство устанавливалась на высоте 0,6-2,5 м от поверхности. Максимальный радиус захвата дождя определялся от проекции оси устройства на поверхность поля до места падения крайних капель. Диаметр сопла изменялся от 2,0 до 16,0 мм, напор на выходе струи – от 0,07 до 0,6 МПа. Радиус захвата дождем определяется по формуле:

$$R = H / (0,728 + 0,942 \cdot H / d), \text{ м} \quad (3.19)$$

где: H – напор на выходе струи МПа; d – диаметр дюзы, мм.

Средняя действительная интенсивность дождя дефлекторной насадки определяется делением расхода воды на мгновенную площадь полива устройством по формуле:

$$\rho_D = \frac{60 \cdot q}{P_C} = \frac{60 \cdot q}{0,785 \cdot R \cdot B}, \quad (3.20)$$

$$\rho_D = \frac{60 \cdot q}{P_H} = \frac{60 \cdot q}{\pi \cdot R^2}, \quad (3.21)$$

где: q – расход воды, л/с; P_H – мгновенная площадь полива; R – радиус полива, м; B – максимальная ширина захвата струи, м.

Максимальная ширина захвата струи (B) определяется в зоне выпадения максимального объема дождя.

Диаметр капель дождя определяется путем улавливания капель на фильтровальную бумагу, обработанную чернильным раствором.

Фильтры помещают в герметичный контейнер, который вносят в зону дождя, на короткий промежуток времени и закрывают его. На фильтре остаются отпечатки в виде пятен. Диаметр пятна определяют как среднее из двух взаимно перпендикулярных измерений. Общее количество измеренных отпечатков должно быть не менее 100. По среднему диаметру пятен с помощью тарировочной кривой (рисунок 3.7) находят диаметр капли.

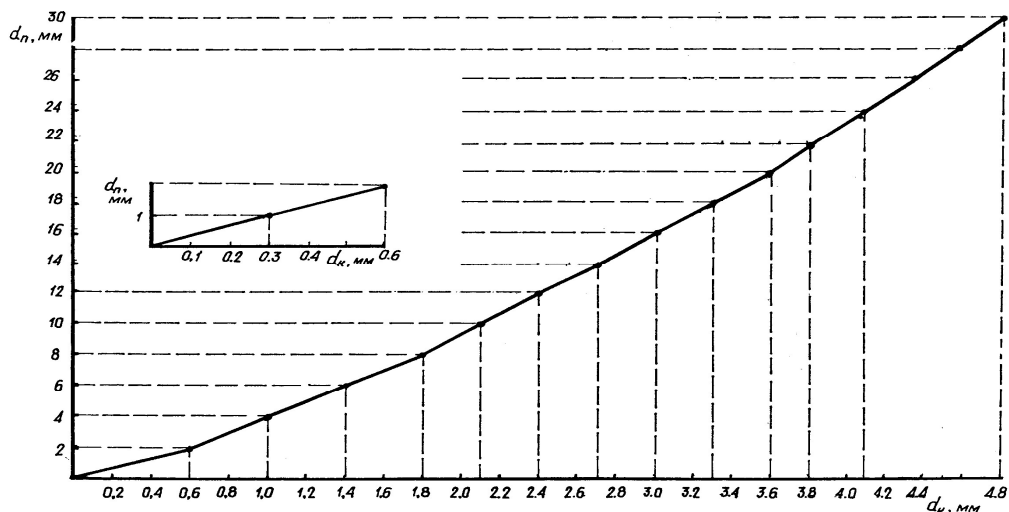


Рисунок 3.7 – Тарировочная кривая для определения диаметра капель

Капли тарируют на бумаге с помощью капельницы, на кусок тарируемой бумаги наносят любую каплю, бумага взвешивается до и после нанесения капли, разность масс дает массу капли m_k .

Диаметр капли, вычисляют по формуле

$$D = \sqrt[3]{\frac{6m_k}{\pi\rho_B}}, \text{ мм}, \quad (3.22)$$

где: m_k – масса капли, мг; ρ_B – объемная масса воды, мг/см³,

Средний диаметр отпечатка каждой капли d , мм, вычисляют по формуле

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}, \text{ мм} \quad (3.23)$$

где: d_1, d_2 – диаметр отпечатка капли в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, мм.

По среднему диаметру отпечатка каждой капли и тарировочной кривой (рисунок 3.7) вычисляют средний диаметр капли $D_{\text{ср.}}$, мм, по формуле

$$D_{\text{ср.}} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{k=1}^{n_k} d_{\text{кт}}^3}{n_k}}, \text{ мм}, \quad (3.24)$$

где: $d_{\text{кт}}$ – диаметр капли по тарировочной кривой, мм; n_k – число измеренных капель.

При исследовании дефлекторной насадки (см. рисунок 3.3) определялось давление на выходе струи в зависимости от давления перед дождевателем, от диаметра отверстия регулировочной дюзы, от расстояния между отверстием дюзы и конусом насадки и от диаметра отверстия сопла.

1. Рабочий напор дефлекторной насадки с соплом диаметром 8 мм:

$$H = (330 \cdot q / D^2)^2, \text{ м} \quad (3.25)$$

При определении эпюр распределения интенсивности (слоя) дождя вдоль радиуса захвата дождем дефлекторной насадки дождемеры располагались в секторе круга по радиусам с центральным углом 5-30° от оси насадки (рисунок 3.8).



Рисунок 3.8 – Распределение дождемеров при лабораторных испытаниях дождеобразующих устройств

Нормативная интенсивность дождя в i точке радиуса захвата дождя определялась по формуле:

$$\rho = \frac{\rho_i}{\rho_c}, \quad (3.26)$$

где: ρ_c - средняя интенсивность дождя вдоль радиуса захвата дождя, мм/мин;
 ρ_i – интенсивность дождя в точке радиуса захвата дождя, мм/мин;

Равномерность полива дефлекторной насадки оценивалась по коэффициенту Кристиансена [17]:

$$\sigma = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum (h_i - h_c)}{h_c \cdot n}\right), \quad (3.27)$$

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

3.3. Полевые исследования усовершенствованной ДМ «Фрегат», работающей в режиме пониженных давлений

3.3.1. Краткая характеристика объектов исследований при испытаниях усовершенствованной ДМ «Фрегат»

Производственные испытания разработанной ДМ «Фрегат», осуществляющей работу в режимах при сниженных давлениях, проводились в 2016 г. на землях сельскохозяйственного назначения в ООО «Наше Дело», Марксовского района Саратовской области (Приволжская оросительная система), с учетом основных положений и методик [98,9,14,15,61].

По агроклиматическим условиям район проведения исследований с умеренно-континентальным климатом, холодной снежной зимой и жарким летом. Марксовский район находится в степной зоне на волжских террасах, на левом берегу Волги. Средняя месячная максимальная температура воздуха самого жаркого месяца (июль) равна + 22,4°С. Средняя месячная минимальная температура воздуха самого холодного месяца (январь) составляет – 12,2°С. Средняя многолетняя температура воздуха по многолетним данным равна +5,3. Переход от зимы к лету переходит достаточно быстро и сопровождается резким нарастанием температур (Таблица 3.1).

Таблица 3.1. Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
2,2	11,9	5,8	6,0	15,5	20,3	22,4	20,7	14,0	5,6	2,2	8,8	5,3

В течение года осадки распределяются неравномерно. Основное их количество (65%) приходится на теплый период (апрель-октябрь), что составляет 245 мм. Норма осадков на холодный сезон (ноябрь-март) 137 мм. Большая часть осадков выпадает в виде слабых и незначительных по величине дождей или снегопадов, иногда бывают затяжные дожди и сильные ливни (Таблица 3.2).

Таблица 3.2. Среднее месячное и годовое количество осадков

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
26	23	23	26	33	40	38	37	35	36	35	30	382

Средняя годовая скорость ветра составляет 4,7 м/с. В зимний период повторяемость ветров распределяется неравномерно с преобладанием северозападного направления.

Насосная станция:

ПНС – 4, 3очередь, включает 4 насоса марки НД - 1250, производительностью 310-330 л/с, расход – 1250 м³/ч, при мощности – 650 кВт/ч; рабочее давление – 1,2 Мпа и 2 насоса марки СПНС 100/100 производительностью 100 л/с, расход – 100 м³/ч при мощности – 160 кВт/ч; рабочее давление - 1,2 Мпа.

Полив осуществляется от гидранта закрытой оросительной сети с забором воды из оросительного канала № 15.

Всего 16 единиц дождевальной техники, из которых [24]:

- 1) ДМ «Фрегат» - 15 шт.;
- 2) ДМФ Б- 1 шт.

Исследования проводились на усовершенствованной ДМ 463-90 «Фрегат» с дополнительным трубопроводом.

3.3.2. Методика проведения полевых исследований усовершенствованной ДМ «Фрегат»

Методика проведения полевых исследований была принята аналогичной методике проведения исследований по базовой дождевальной машине и основывалась на стандартной методике СТО АИСТ 11.1 - 2010, которая заключалась в трехкратном объемном измерении поливной нормы выдаваемой дождевальной машиной [98]. Для этого от гидранта дождевальной машины «Фрегат», в радиальном направлении вдоль всего поливного фронта, со стороны направления движения машины выставлялись осадкомеры (Рисунок 3.9).



Рисунок 3.9 - Схема расстановки дождемеров по длине усовершенствованной ДМ «Фрегат»

После расстановки дождемеров, при помощи анемометра, замеряется скорость и направление ветра (Рисунок 3.10), затем оператор производит включение дождевальной машины по каждому опыту при разных величинах напора воды в начале трубопровода дождевальной машины: 0,3МПа; 0,35МПа; 0,4 МПа.



Рисунок 3.10 – Замер скорости ветра анемометром

После проведения полива, когда дождевое облако проходило все осадкомеры, ДМ останавливалась и проводился замер объема оросительной воды в осадкомерах, при помощи мерной мензурки. Результаты заносились в журнал испытаний. (Карта настройки дефлекторных насадок представлена в таблице 6 приложения Г).

3.3.3. Оценка энергозатрат на работу усовершенствованной ДМ «Фрегат»

1. Затраты мощности для работы дождевальными машинами, кВт определялись по формуле (3.9).

2. Расход воды насосным агрегатом $\text{м}^3/\text{ч}$, определялся по формуле (3.10).

3. Затраты энергии, приведенные к точке водовыдела на полив, определяются произведением необходимой мощности на время подачи воды, кВт/ч, затраты энергии приведенные на 1000 м^3 , определялись по формуле (3.11).

4. Годовой расход воды на полив м^3 , определялся по формуле (3.12).

5. Энергоемкость орошения в расчете на 1000 м^3 , поданной воды определяли по формуле (3.13).

6. Годовой расход электроэнергии в планируемом году определялся по формуле (3.14).

7. Норма расхода электроэнергии на 1000 м^3 , воды определялась по формуле (3.15).

8. Удельный расход энергии на полив определялся по формуле (3.16).

3.4. Обработка результатов исследований

Для того чтобы оценить достоверность экспериментальных исследований были применены методы математической статистики [21], при этом данные обрабатывались с помощью стандартной методики:

Определение средней величины распределения результатов исследования определяют по формуле:

$$\tilde{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (3.28)$$

где: x_i – результат измерений; n – число измерений.

Дисперсию распределения определяют по формуле:

$$D = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}, \quad (3.29)$$

Среднее квадратическое отклонение результатов измерения определяют по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (3.30)$$

где: x_i – слой осадков в осадкомере м³/га; \bar{x} – средний по всем осадкомерам слой осадков, м³/га; n – объем выборки.

Коэффициент вариации определяют по формуле:

$$P = \frac{100 \cdot \sigma}{\bar{X} \cdot n^{0.5}}, \quad (3.31)$$

Для определения корреляционной и статистической зависимости между переменными X и Y проводили n -е число наблюдений и вычисляли коэффициент парной корреляции.

Коэффициенты регрессии определялись методом наименьших квадратов:

$$(X_i - Y_p)^2 = \min, \quad (3.32)$$

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

Для определения коэффициентов линейного уравнения вида:

$$Y = \bar{Y} - B_{xy} \cdot (X - \bar{X}), \quad (3.33)$$

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

$$B_{xy} = \frac{\sum (X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}{\sum (X - \bar{X})^2}, \quad (3.34)$$

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1. Результаты численного эксперимента по гидравлической модели

Гидравлическая модель, описывает процесс работы созданной ДМ «Фрегат», работающей в режимах при сниженных давлениях (Рисунок 4.1).

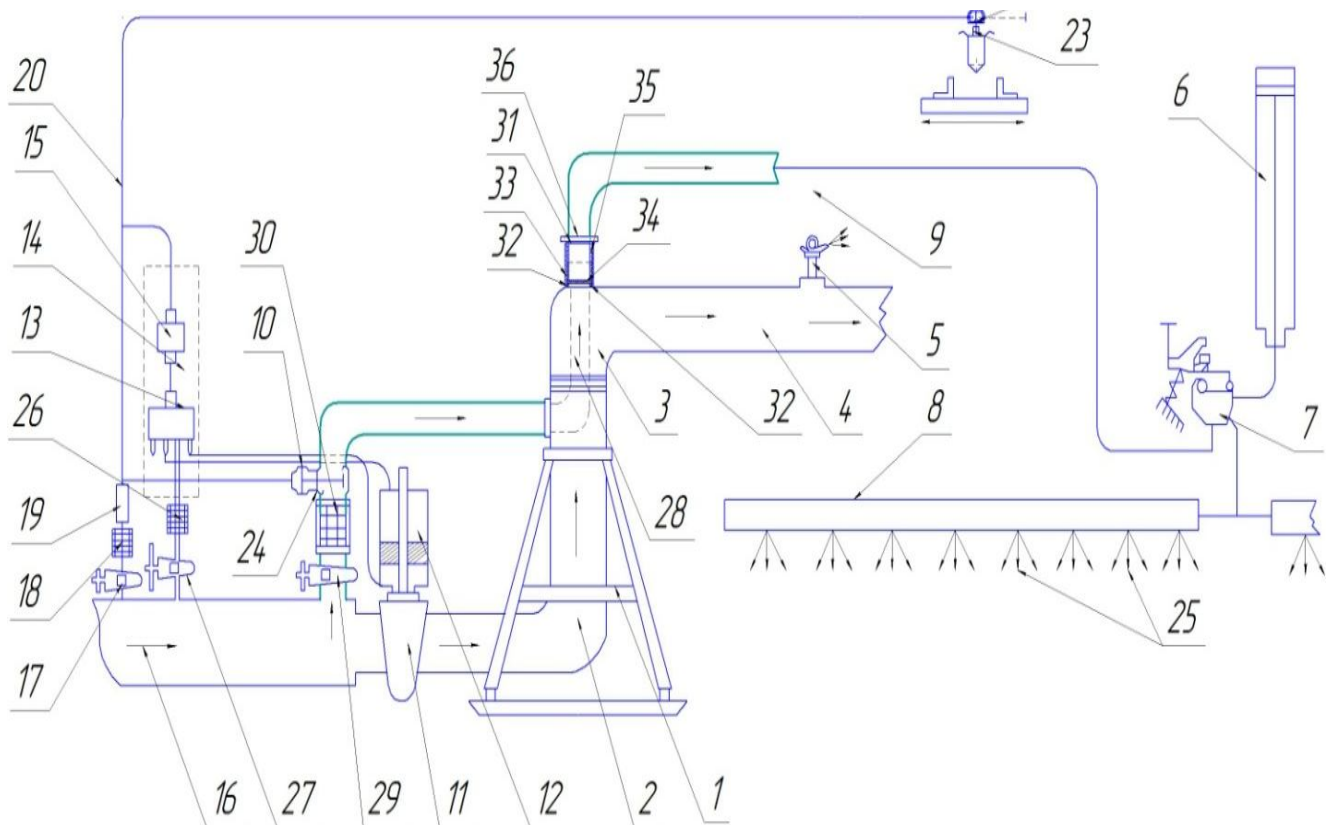


Рисунок 4.1 Усовершенствованная ДМ «Фрегат» работающая в режимах при сниженных давлениях

1 – неподвижная опора; 2 – неподвижная труба; 4 – трубопровод; 5 – дождевальная аппаратура; 6 – гидропривод; 9 – дополнительный трубопровод; 10 – гидрореле; 11 – запорный орган; 12 – гидропривод; 13 – исполнительный блок; 15 – управляющий блок; 16 – напорный трубопровод; 17 – кран; 19 – сужающее устройство; 20 – внешняя система защиты; 23 – звено; 24 – гидропривод; 25 – насадка; 26, 30 – фильтр; 27 – кран; 28 – г-образный патрубок; 29 – кран.

Машина начинает работу с режима движения без осуществления полива, для этого производится открытие крана 17 и 29. Вода из напорного трубопровода 16 поступает через сужающее устройство 19 в управляющий блок 15, гидрореле 14 и

гидропривод 10 гидроуправляемого клапана 24, открывая его и переключая реле 14.

Однако в связи с тем что кран 27 закрыт вода в исполнительный блок 13 гидрореле 14 не поступает и гидрозадвижка 11 находится в закрытом состоянии. Вода из напорного трубопровода 16 начинает поступать лишь в дополнительный трубопровод 9, через кран 29 и фильтрующий элемент 30, обеспечивая работу гидроцилиндров 6 опорных тележек, т.е. осуществляется движение без проведения полива сельскохозяйственных культур. Для проведения полива сельскохозяйственных культур в режиме сниженных напоров краны 17, 27, 29 находятся в открытом состоянии. Подъем давления в трубке 20 внешней системы защиты, при исправной машине, обеспечивает открытие гидроуправляемого клапана 24, и подачу воды в дополнительный трубопровод 9, а так же в гидроприводы 6 опорных тележек из напорного трубопровода 16. При этом исполнительный блок 13 гидрореле 14 осуществляет открытие гидрозадвижки 11 с помощью гидропривода 12. В результате вода из напорного трубопровода 16 поступает в трубопровод 4 и к дождеобразующим устройствам 5. Машина осуществляет полив сельскохозяйственных культур при сниженных давлениях [6].

По ранее установленным параметрам нормы полива (m) и продолжительности полива (n) проведен численный эксперимент с использованием разработанной гидравлической модели ДМ «Фрегат».

По итогам эксперимента получены результаты работы усовершенствованной ДМ «Фрегат» на поливе, которые представлены в таблице 4.1 и показывают, как при разном давлении воды на гидранте с учетом скорости движения последней тележки ДМ «Фрегат» изменяется величина поливной нормы. Численный эксперимент проводился при помощи программы Excel, полученные результаты протоколировались для дальнейшего анализа.

Пример результатов моделирования работы усовершенствованной ДМ «Фрегат» показан на рисунке 4.2.

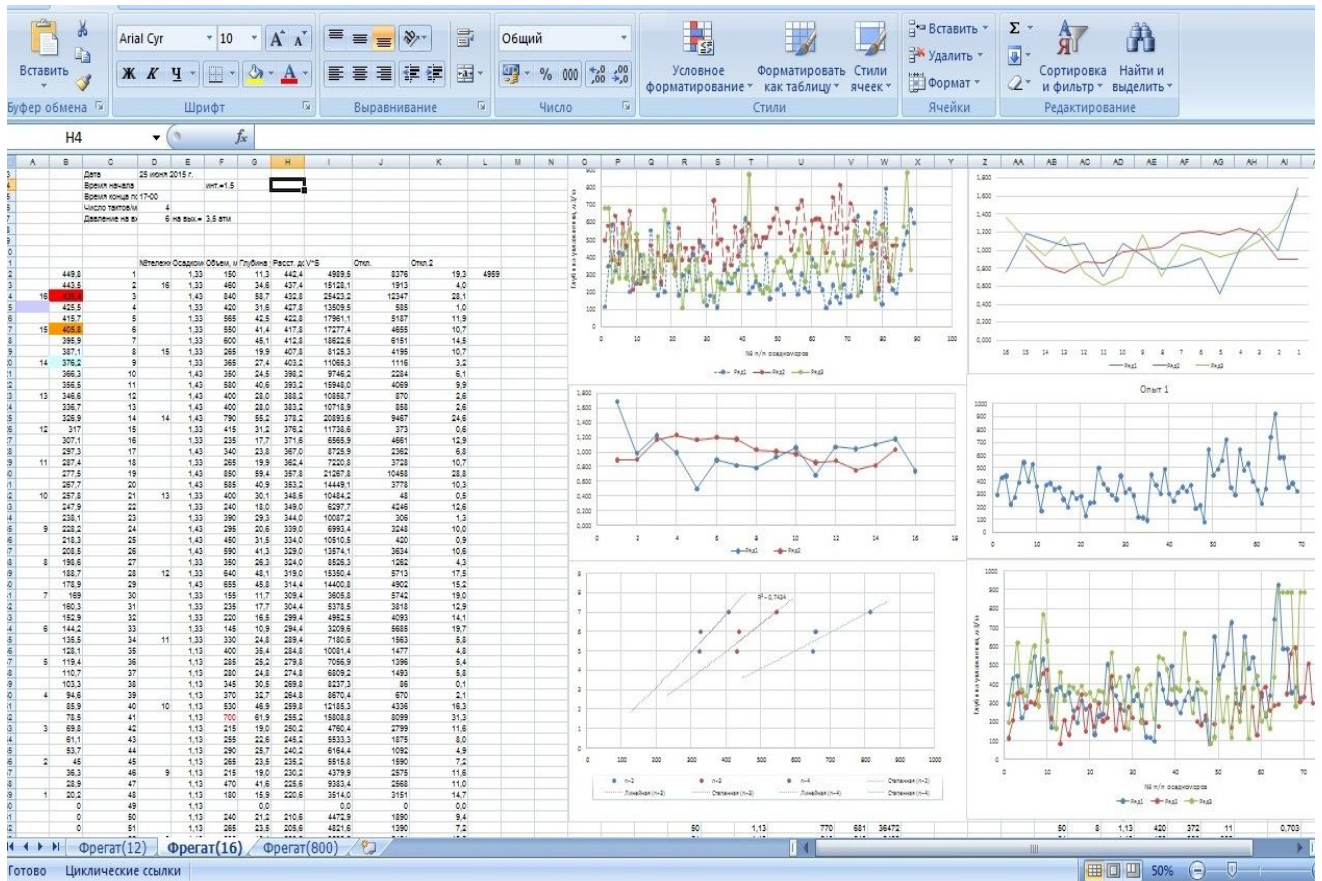


Рисунок 4.2- Результаты симуляции работы усовершенствованной ДМ «Фрегат»

Таблица 4.1. Результаты численного эксперимента работы усовершенствованной ДМ «Фрегат»

№ п/п	Скорость движения 16 те- лежки, м/ мин	Слой осадков за один проход ДМ, мм	Про- должи- тель- ность полива, час	Рас- ход воды на по- лив, л/с	Общий расход воды (с гидро-ци- линдрами) л/с	Средняя интен- сив- ность до- ждя, мм/мин	Давление воды пе- ред гид- роцилин- дром 16- ой опоры, МПа
Давление воды на входе ДМ – 0,30 МПа							
1	0,272	58,6	89	62,9	64,8	0,62	0,2891
2	0,320	49,8	87	62,9	65,1	0,62	0,2849
3	0,480	33,2	84	62,9	66,2	0,62	0,2661
4	0,560	28,4	83	63,0	66,6	0,62	0,2538
Давление воды на входе ДМ – 0,35 МПа							
1	0,272	62,8	89	67,4	69,3	0,63	0,3391
2	0,320	53,4	86	67,4	69,6	0,63	0,3349
3	0,480	35,6	85	67,4	70,7	0,63	0,3151
4	0,560	30,5	83	67,4	71,3	0,63	0,3038

Используя данные таблицы 4.1, построен график связи (рисунок 4.3.) величины поливной нормы, при разном давлении и с учетом скорости движения машины.

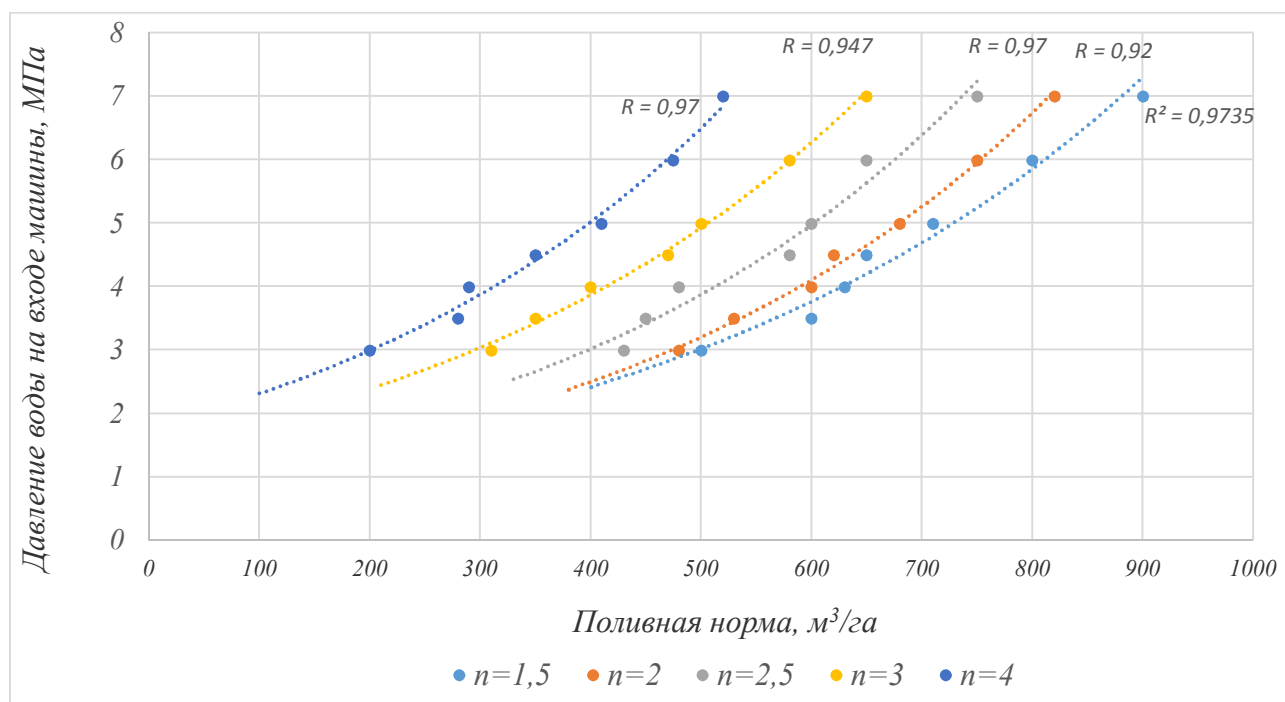


Рисунок 4.3. Характеристики работы усовершенствованной ДМ «Фрегат»

График позволяет исследовать, как при разных давлениях воды на гидранте с учетом скорости движения последней тележки ДМ «Фрегат» изменяется величина поливной нормы.

Полученные зависимости с наибольшей степенью достоверности аппроксимации $R^2=0,95$ для данной выборки описываются экспоненциальным уравнением вида:

$$y = Ae^{Bx} \quad (4.1)$$

где: A - эмпирический коэффициент, определяющий гидравлические условия работы трубопровода машины и дождевальных насадок;

B - эмпирический коэффициент, определяющий скоростные характеристики дождевальной машины

Гидравлическая модель позволила произвести численные эксперименты и получить технические характеристики полива.

Так при давлении воды на входе в машину 0,3 МПа:

- слой осадков колеблется от 28,4 до 58,6 мм;
- продолжительность полива от 83 до 89 часа;
- расход воды от 66 до 64 л/с.

при 0,35 МПа:

- слой осадков от 30,50 до 62,8 мм;
- продолжительность полива от 83 до 89 часа;
- расход воды от 69 до 71,3 л/с.

Так же модель позволила получить технические и геометрические параметры дополнительного водопроводящего пояса 6 усовершенствованной дождевальной машины «Фрегат».

4.1.1 Результаты исследований по оптимизации параметров системы водоподачи дополнительного трубопровода для обеспечения работы гидроцилиндров

В качестве материала используются полиэтиленовые трубы марки ПЭ 80 PN8 с максимальным рабочим давлением 0,8 МПа.

Основным условием оптимизационной задачи является подбор диаметра полиэтиленовой трубы при минимальных затратах по стоимости трубы, при этом необходимо обеспечить минимальное давление воды 0,23 МПа в трубопроводе перед последним 16-м гидроцилиндром при рабочих технологических параметрах движения ДМ.

По установленным параметрам (n) и (m) проведен численный эксперимент с использованием разработанной гидравлической модели ДМ «Фрегат».

Результаты моделирования гидравлического режима потоков воды в полиэтиленовой трубе представлены в табл. 4.2.

Таблица 4.2. Результаты моделирования гидравлических условий и параметров

Номинальный наружный/внутренний диаметр трубы от гидранта до 11 тележки, мм	Номинальный наружный/внутренний диаметр трубы от 11-ой до 16-ой тележки, мм	Скорость движения последней тележки, м/мин	Потери давления, МПа	Давл. перед гидроцилиндром МПа	Результат
Давление воды на входе ДМ-0,3 МПа					
50/44	50/44	0,272	0,0688	0,2312	Машина движется
63/55,4	50/44	0,272	0,0256	0,2744	Машина движется
63/55,4	63/55,4	0,272	0,0207	0,2793	Машина движется
75/64	50/44	0,272	0,0155	0,2845	Машина движется
50/44	50/44	0,56	0,2917	0,083	Машина не движется
63/55,4	50/44	0,56	0,1085	0,1915	Машина не движется
63/55,4	63/55,4	0,56	0,0876	0,2124	Машина не движется
75/64	50/44	0,56	0,065	0,2345	Машина движется

Результаты моделирования потерь давления в полиэтиленовой трубе диаметром 50, 63 и 75 мм представлены в таблице. 4.3.

Таблица 4.3. Потери напора в трубопроводе ПЭ 80 подающего воду для работы гидроцилиндров, МПа

Число тактов (n), такт/мин	d = 50 мм	d = 63 мм	d = 75 мм
1,5	1,50	0,61	0,23
2	2,67	1,08	0,41
2,5	4,18	1,68	0,64
3	6,02	2,42	0,93
4	10,70	4,30	1,64

Составленная программа и алгоритм ее решения позволяют определить оптимальный диаметр системы водоподачи дополнительного трубопровода, который обеспечит стабильное движение машины при низких давлениях.

Так, для обеспечения движения машины с приводом от гидроцилиндров, необходимо использовать в конструкции водопроводящей трубы на гидроцилиндры полиэтиленовые трубы с номинальным наружным диаметром 75 мм, а на

участке от опоры ДМ до 11-ой тележки и диаметр трубы 50 мм, на участке от 11-ой до 16-ой тележки.

4.2. Результаты полевых исследований эксплуатационных показателей серийной ДМ - 463-90 «Фрегат»

Исследования технических параметров серийной дождевальная машины ДМ - 463-90 «Фрегат», величины поданной поливной нормы, ее распределения по длине машины проводились на опытном поле в производственных условиях ООО «Наше дело» Энгельского района Саратовской области (Гагаринская оросительная система). Состояние деятельной поверхности сельскохозяйственного поля – возделывается кукуруза на зерно, фаза активной вегетации.

Схема проведения исследований определяла включение дождевальной машины по каждому опыту при разных величинах давления воды в начале трубопровода дождевальной машины 0,45-0,7 МПа. Во время полива скорость движения машины составила от 1,5 до 4 тактов/мин., величина скорости ветра по каждому повторению не превышала 2 м/с. Для точного определения напорных характеристик дождевальная машина дополнительно оборудовалась механическими манометрами с диапазоном измерения 0...1000 бар, которые устанавливались в начале водопроводящей трубы, под первой дефлекторной насадкой и на водопроводящей трубе за последней тележкой под последней 48-ой дефлекторной насадкой. (Результаты проведенных замеров представлены в таблицах 7,8,9 и на рисунке 1,2,3 Приложения Г).

По результатам замеров отмечаются колебания среднего слоя осадков по длине ДМ по всем проведенным поливам, при этом величина поливной нормы опыта изменялась от 200 до 910 м³/га, осредненные характеристики выданной поливной нормы представлены на рисунке 4.4.

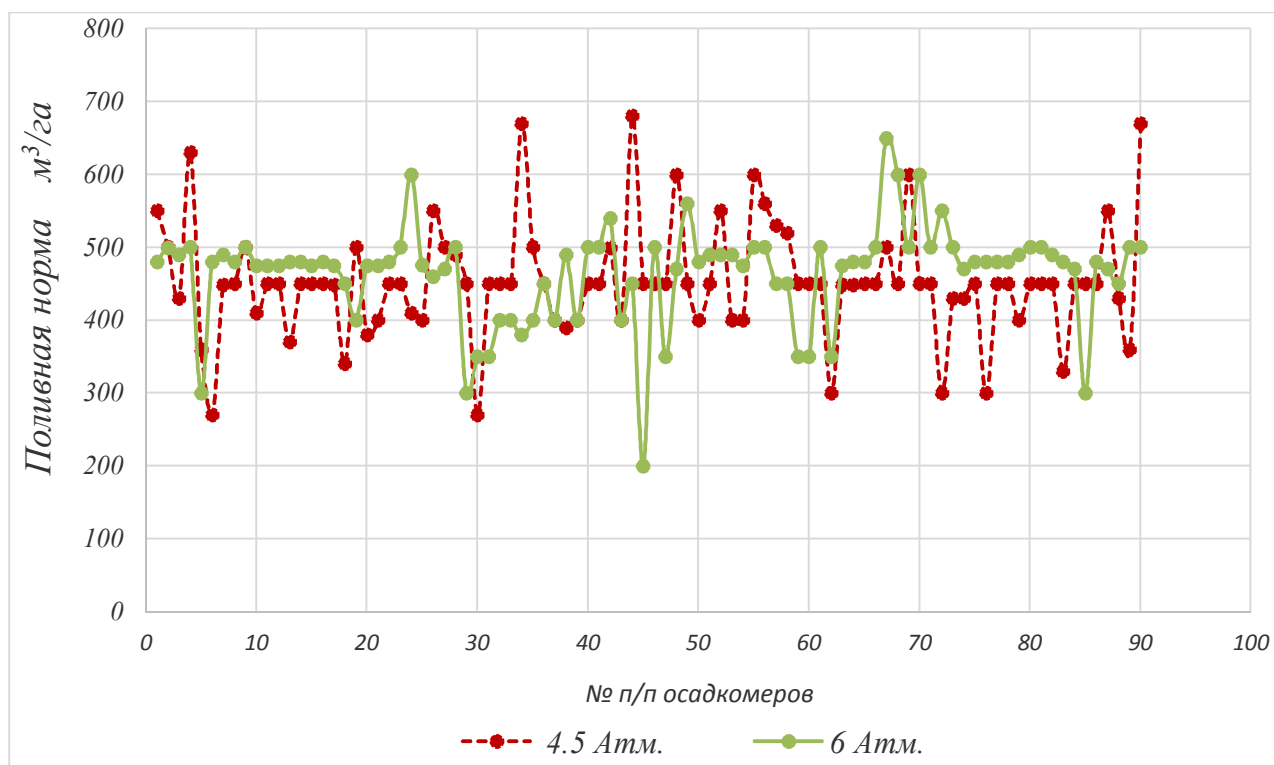


Рисунок 4.4 – Средние значения распределения осадков по длине ДМ

Для оценки качества полива использовали метод Вилькокса-Свейзла, где рассчитывали коэффициент эффективного полива (K) при дождевании по зависимости:

$$K = 100(1 - \sigma / x_i) \quad (4.2)$$

где: σ – величина средне квадратичного отклонения слоя осадков в осадкомерах от среднего значения осадков всей выборки, $\text{м}^3/\text{га}$.

Полученные величины коэффициента эффективного полива по методу Вилькокса-Свейзла 78...84% (табл.2.2-2.4, приложения Г) показывают математически незначительное колебание совокупности и в приложении к гидротехнике характеризуют качество полива как эффективное по меньшему граничному значению [98,78].

Так общий коэффициент эффективности полива дождевальной машины в течение 3-х суток составил 88%, а внутри этого поливного времени, значения этого коэффициента колебались в пределах 78...84%. По результатам полевых исследо-

ваний построен график зависимости поливной нормы от давления на гидранте (Рисунок 4.5), из которого видно, что серийная ДМ «Фрегат» может производить полив в соответствии с нормами и требованиями полива при минимальном давлении не менее 0,45 МПа., при этом поливная норма при скорости движения 2 такт/мин, равна 400 м³/га.

Дальнейшее снижение давления приведет к неэффективному поливу, так как выдаваемая поливная норма не будет соответствовать рекомендованным значениям норм и продолжительности полива.

Также построен график зависимости поливной нормы и от скорости движения машины (Рисунок 4 приложения Д), который показывает, что серийная дождевальная машина «Фрегат» может производить полив в соответствии с нормами и требованиями полива при минимальном давлении не менее 0,45 МПа.

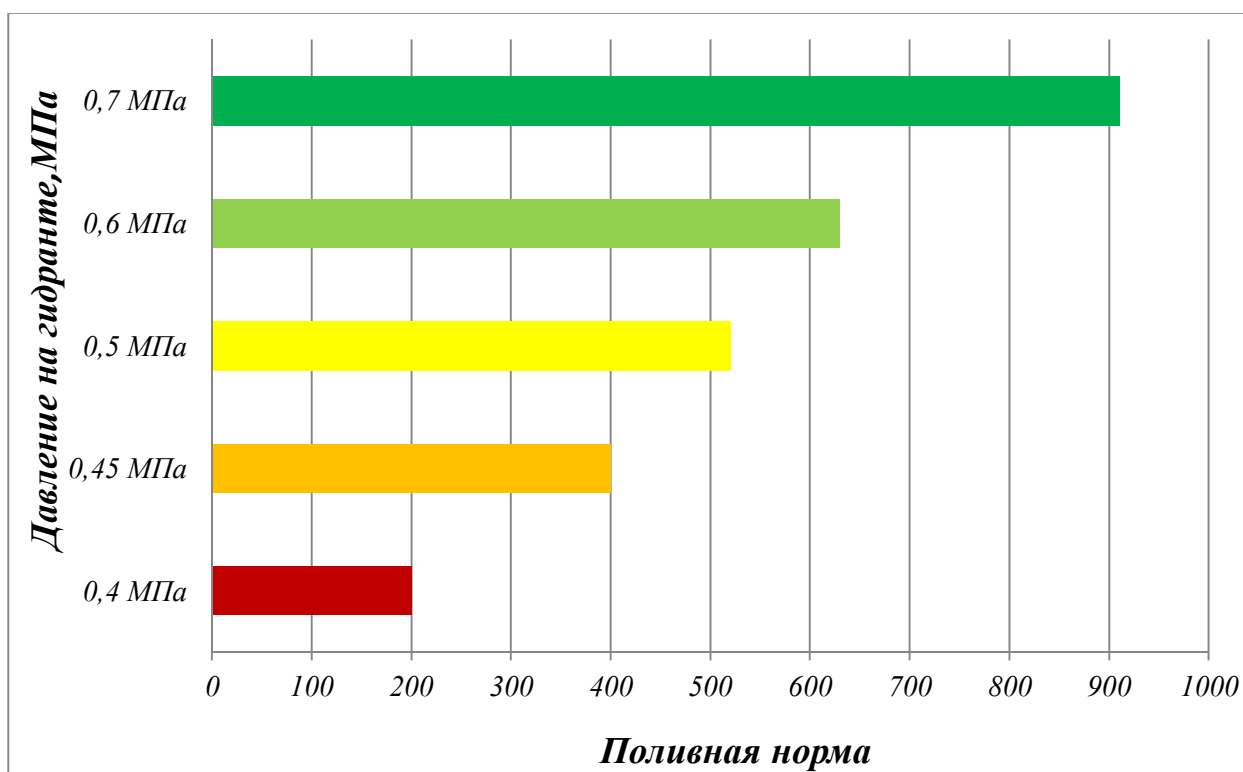


Рисунок 4.5 – График зависимости величины поливной нормы выдаваемой серийной ДМ «Фрегат» от напора воды на входе в машину

На основании проведенных измерений величины поливной нормы при разных напорах и с учетом скорости движения машины построена таблица 4.4.

Таблица 4.4 - Поливная норма в зависимости от продолжительности полива и давления на гидранте

Число тактов (n), такт/мин	Продолжительность полива, час	Давление воды на гидранте машины, МПа				
		0,4	0,45	0,5	0,6	0,7
1,5	90	<200	430	530	800	910
2	88	-	400	480	620	810
2,5	79	-	350	400	470	650
3	67	-	290	350	400	530
4	59	-	220	270	300	370

Проведенными исследованиями установлено, что серийная дождевальная машина «Фрегат» модификации ДМУ - 463-90 осуществляет поливы сельскохозяйственных культур в следующих режимах:

- при давлении воды на гидранте 0,7 МПа и скорости движения последней тележки дождевальной машины $n=2,5$ такта/мин полив осуществляется нормой 650 м³/га;

- при давлении воды на гидранте 0,6 МПа и скорости движения последней тележки дождевальной машины $n=4$ такта/мин полив осуществляется нормой 300 м³/га;

- при давлении воды гидранте 0,5 МПа и скорости движения последней тележки дождевальной машины $n=3$ такта/мин полив осуществляется нормой 350 м³/га;

- при давлении воды на гидранте 0,45 МПа и скорости движения последней тележки дождевальной машины $n=2$ такта/мин полив осуществляется нормой 400 м³/га.

4.2.1. Оценка энергозатрат на работу серийной ДМ «Фрегат»

Затраты мощности насосной станции на 1000 м³ поливной воды:

$$N_o = 9,2 + 8 + 29,3 + 30 + 1 \cdot 60 = 130,7 \text{ кВт} \quad (4.4)$$

1. Затраты мощности на преодоление геодезической высоты от водоисточника до конечного гидранта оросительной системы:

$$N_h = 0,001 \cdot 0,99 \cdot 9,8 \cdot 0,1(5+2,3+2,2) = 9,2 \text{ кВт} \quad (4.5)$$

2. Затраты мощности в закрытой оросительной сети:

$$N_o = 0,001 \cdot 0,99 \cdot 9,8 \cdot 0,1(4+1,9+2,2) = 8 \text{ кВт} \quad (4.6)$$

3. Суммарные потери мощности в насосном оборудовании:

$$N_i = 14+12+0,29 = 29,3 \text{ кВт} \quad (4.7)$$

Потери мощности в насосной станции:

$$N_{in} = \frac{0,001 \cdot 0,99 \cdot 9,8 \cdot 0,1 \cdot 120 \cdot (1-0,89)}{0,9} = 14 \text{ кВт} \quad (4.8)$$

Потери мощности на передачу от электродвигателя к насосу, кВт:

$$N_{is} = \frac{0,001 \cdot 0,99 \cdot 9,8 \cdot 0,1 \cdot 120 \cdot (1-0,9)}{0,9} = 12 \text{ кВт} \quad (4.9)$$

Потери мощности в переходах от насоса к магистральному трубопроводу, кВт.,

$$N_{it} = 0,001 \cdot 0,99 \cdot 9,8 \cdot 0,1 \cdot 0,3 = 0,29 \text{ кВт} \quad (4.10)$$

4. Затраты мощности на утечке воды из сети напорных трубопроводов, кВт:

$$N_w = 0,001 \cdot 0,99 \cdot 9,5 \cdot 0,05 \cdot 70 = 30 \text{ кВт} \quad (4.11)$$

5. Затраты мощности для работы дождевальных машин, кВт:

$$N_{sp} = 10+15,1+28,1+4,1+5,2 = 60 \text{ кВт} \quad (4.12)$$

6. Расход воды насосным агрегатом м³/ч:

$$Q_{arp} = 3600 \cdot 80 = 288 \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (4.13)$$

7. Затраты энергии приведенные к точке водовыдела на полив, кВт·ч/1000м³:

$$\mathcal{E} = \frac{130}{3,6 \cdot 80} = \frac{130}{288} = 451 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3 \quad (4.14)$$

8. Годовой расход воды на полив, м³:

$$Q_{год} = 3000 \cdot 75 = 225000 \text{ м}^3 \quad (4.15)$$

9. Энергоемкость орошения в расчете на 1000 м³ поданной воды определяли по следующей формуле:

$$N_{\text{оп}} = 2,72 \left(\frac{12}{0,8} - \frac{7}{0,75} \right) = 150 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / 1000 \text{ м}^3 \quad (4.16)$$

10. Годовой расход электроэнергии за сезон (3000 м³):

$$W_{\text{год}} = 225000 \cdot 451 = 101475 \text{ кВт} \quad (4.17)$$

11. Норма расхода электроэнергии на 1000 м³ воды:

$$H_T = \frac{2,72 \cdot 70}{0,95} = 21 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. м}^3 \quad (4.18)$$

12. Удельный расход энергии на полив определяем по следующей формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{451}{75} = 6 \text{ кВт} / \text{га} \quad (4.19)$$

Производительность поливной техники и определяется по формуле:

$$П = \frac{80 \cdot 3,6}{500} = 0,64 \text{ га} / \text{час} \quad (4.20)$$

Расчеты по формуле 4.14 показывают, что при давлении воды на насосной станции 1,2 МПа., (насосный агрегат СПНС-100/100) затраты энергии на подачу 1000 м³ воды составят 451 кВт/м³.

С уменьшением давления затраты необходимой энергии будут уменьшаться прямо пропорционально и при давлении 0,9 МПа, затраты энергии на подачу 1000 м³ воды составят 340 кВт·ч. [98,78].

На основании расчетов и полевых исследований можно сделать вывод, что серийная ДМ «Фрегат» может работать при минимальном давлении на входе в машину 0,45-0,5 МПа, при этом показатели норм и сроков полива остаются на допустимом уровне (300-400 м³/га).

Снижение рабочего давления до 0,4 МПа приводит к нарушению показателей норм и сроков полива, вплоть до остановки машины, при этом затраты энергии при работе на таком давлении остаются на достаточно высоком уровне. Дальнейшее снижение рабочего давления ДМ Фрегат без модернизации невозможно.

Поэтому для снижения энергоемкости машины и, как следствие, энергозатрат на полив, необходима модернизация машины путем снижения напора за счет разработки новых узлов и деталей, обеспечивающих режимы проведения полива при сниженных напорах с рекомендованной поливной нормой и сроками полива.

4.3. Результаты совершенствования ДМ «Фрегат», работающей в режимах при сниженных давлениях

На основании патентного поиска, литературного обзора, разработанного технического решения, с соблюдением указанных режимов работы и поставленной задачи на базе ООО «Наше Дело», Марковского района Саратовской области на приволжской оросительной системе, а так же при помощи производственных мощностей УНПК «Агроцент СГАУ» была изготовлена конструкция опытного образца дождевальная машины «Фрегат» (Рисунок 4.6-4.7), обеспечивающая работу дождевальной машины в двух режимах:

- 1) Режим движения без проведения полива;
- 2) Режим проведения полива при снижении давления.



Рисунок 4.6 Общий вид узла запитки дополнительного трубопровода ДМ «Фрегат»



Рисунок 4.7 - Монтаж полиэтиленового водопроводящего трубопровода

Опытный образец дождевальной машины (рисунок 4.8) с полиэтиленовым трубопроводом обеспечил устойчивую и надежную работу при рабочем напоре на входе 0,3...0,7 МПа.



Рисунок 4.8. Опытный образец усовершенствованной ДМ «Фрегат» в работе

Полив и распределение оросительной воды осуществляется из водопроводящего пояса машины, движение гидроприводов опорных тележек производится давлением воды посредством новой системы подачи из напорного трубопровода.

Увеличение расходных характеристик в трубопроводе машины позволяет сохранить поливную норму даже при значительном снижении давления на гидранте машины и улучшает стабильность работы гидроприводов опор и ДМ в целом.

4.4. Результаты лабораторных исследований усовершенствованной ДМ «Фрегат»

По результатам лабораторных исследований определены следующие параметры:

1. Расход воды рассчитывался для всего ряда дождеобразующих устройств по длине машины (таблица 2.1)

2. Максимальный радиус захвата дождя:

$$R = 26,5(0,728 + 0,942 \cdot 26,5 / 8) = 26,5 / 3,858 = 6,86 \text{ м}, \quad (4.20)$$

3. Средняя интенсивность дождя дефлекторной насадки:

$$\rho_d = \frac{60 \cdot q}{5 \cdot 2 \cdot 6,86} = 0,874 \text{ мм / мин}, \quad (4.21)$$

4. Диаметр капель дождя:

$$D = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 2}{3,14 \cdot 0,9}} = 1,5 \text{ мм}, \quad (4.22)$$

5. Рабочий напор дефлекторной насадки:

$$H = (330 \cdot 1 / 64)^2 = 24,5 \text{ м} \quad (4.23)$$

6. Коэффициент равномерности по Кристиансену [17]:

$$\sigma = 100 \cdot \left(1 - \frac{\sum (100 - 80)}{500 \cdot 6}\right) = 0,9 \quad (4.24)$$

Таким образом, на основании полученных данных была сформирована карта настройки дефлекторных насадок для усовершенствованной ДМ Фрегат (таблица 4.5).

Таблица 4.5 Карта настройки дефлекторных устройств ДМ «Фрегат»

№ тележки	№ насадки	Днас (рек), мм	Днас(факт), мм	Расход воды, л/с
	1	5	4	0,14
	2	6	4	0,17
	3	6	4	0,2
1	4	6	4	0,23
	5	6	6	0,34
	6	6	6	0,37
2	7	6	6	0,4
	8	8	6	0,43
	9	8	6	0,47
3	10	8	6	0,5
	11	8	6	0,53
	12	8	6	0,57
4	13	8	6	0,6
	14	8	8	0,94
	15	8	8	0,98
5	16	8	8	1,02
	17	8	8	1,06
	18	8	8	1,10
6	19	8	8	1,04
	20	10	8	1,08
	21	10	8	1,12
7	22	10	8	1,17
	23	10	8	1,22
	24	10	8	1,27
8	25	10	8	1,32
	26	12	8	1,37
	27	12	8	1,42
9	28	12	8	1,47
	29	12	10	1,94
	30	12	10	2,01
10	31	12	10	2,06
	32	12	10	2,12
	33	12	10	2,18
11	34	12	10	2,24
	35	14	10	2,3
	36	14	10	2,36
12	37	14	10	2,47
	38	14	12	2,89
	39	14	12	2,95
13	40	14	12	3,01
	41	16	12	3,08
	42	16	12	3,14
14	43	16	12	3,2
	44	16	12	3,27
	45	16	12	3,29
15	46	16	12	3,31
	47	16	12	3,33
	48	16	12	3,34
16	49	16	12	3,35
				73.7

Карта настройки дождеобразующих устройств позволяет производить полив ДМ при пониженном давлении на входе в машину 0,3-0,35 МПа.

4.5. Результаты полевых исследований усовершенствованной ДМ «Фрегат»

Исследования технических параметров усовершенствованной ДМ «Фрегат», величины поданной поливной нормы, ее распределения по длине машины проводились на опытном поле в производственных условиях в ООО «Наше дело», при таких же условиях, что и на серийной машине ДМ - 463-90, состояние деятельной поверхности сельскохозяйственного поля – возделывается кукуруза на зерно, фаза активной вегетации.

Схема проведения исследований определяла включение дождевальной машины по каждому опыту при разных величинах давления воды в начале трубопровода дождевальной машины от 0,4 до 0,3 МПа. Во время полива скорость движения машины составила от 1,5 до 4 тактов/мин., величина скорости ветра по каждому повторению не превышала 2 м/с.

Для точного определения напорных характеристик дождевальная машина дополнительно оборудовалась механическими манометрами с диапазоном измерения 0...1000 бар, которые устанавливались в начале водопроводящей трубы под первой дефлекторной насадкой и на водопроводящей трубе под последней 48-ой дефлекторной насадкой. (Результаты проведенных замеров представлены в таблице 10-12 и на рисунке 4-6 Приложения Г).

По результатам замеров отмечается колебание среднего слоя осадков по длине дождевальной машины по всем проведенным поливам, при этом величина поливной нормы в опытах изменялась от 200 до 950 м³/га, (рисунок 4.9).

Для оценки качества полива использовали метод Вилькокса-Свейзла:

$$K = 100(1 - \sigma / x_i) \quad (4.25)$$

Полученные величины коэффициента эффективного полива по методу Вилькокса-Свейзла 79...88% (табл. 2.2...2.4, Приложения Г) показывают математически незначительное колебание совокупности и в приложении к гидротехнике характеризуют качество полива как эффективное со стороны меньшего граничного порога [98,78].

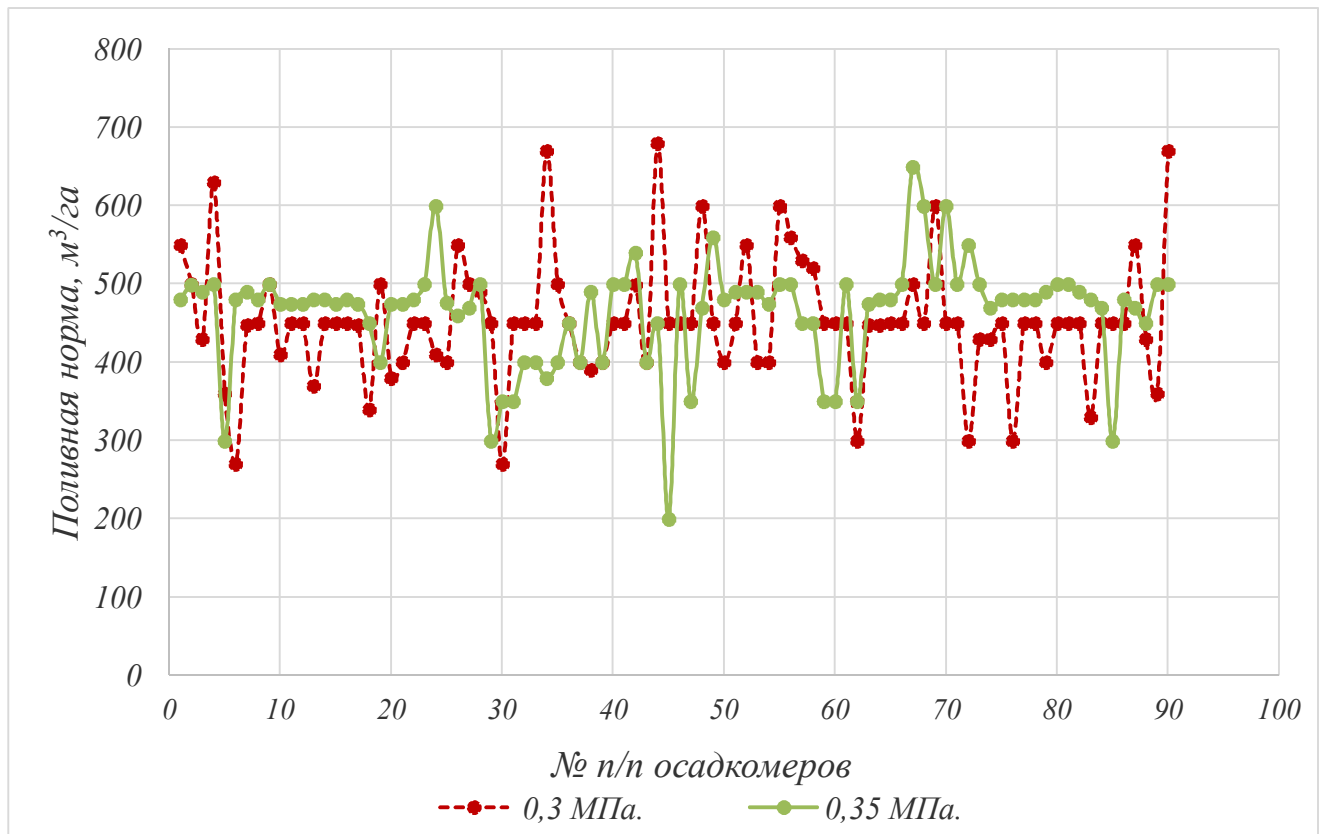


Рисунок 4.9 - Средние характеристики распределения осадков по длине усовершенствованной ДМ «Фрегат»

По результатам производственных исследований построен график зависимости поливной нормы от напора на гидранте и от скорости движения машины (Рисунок 4.10).

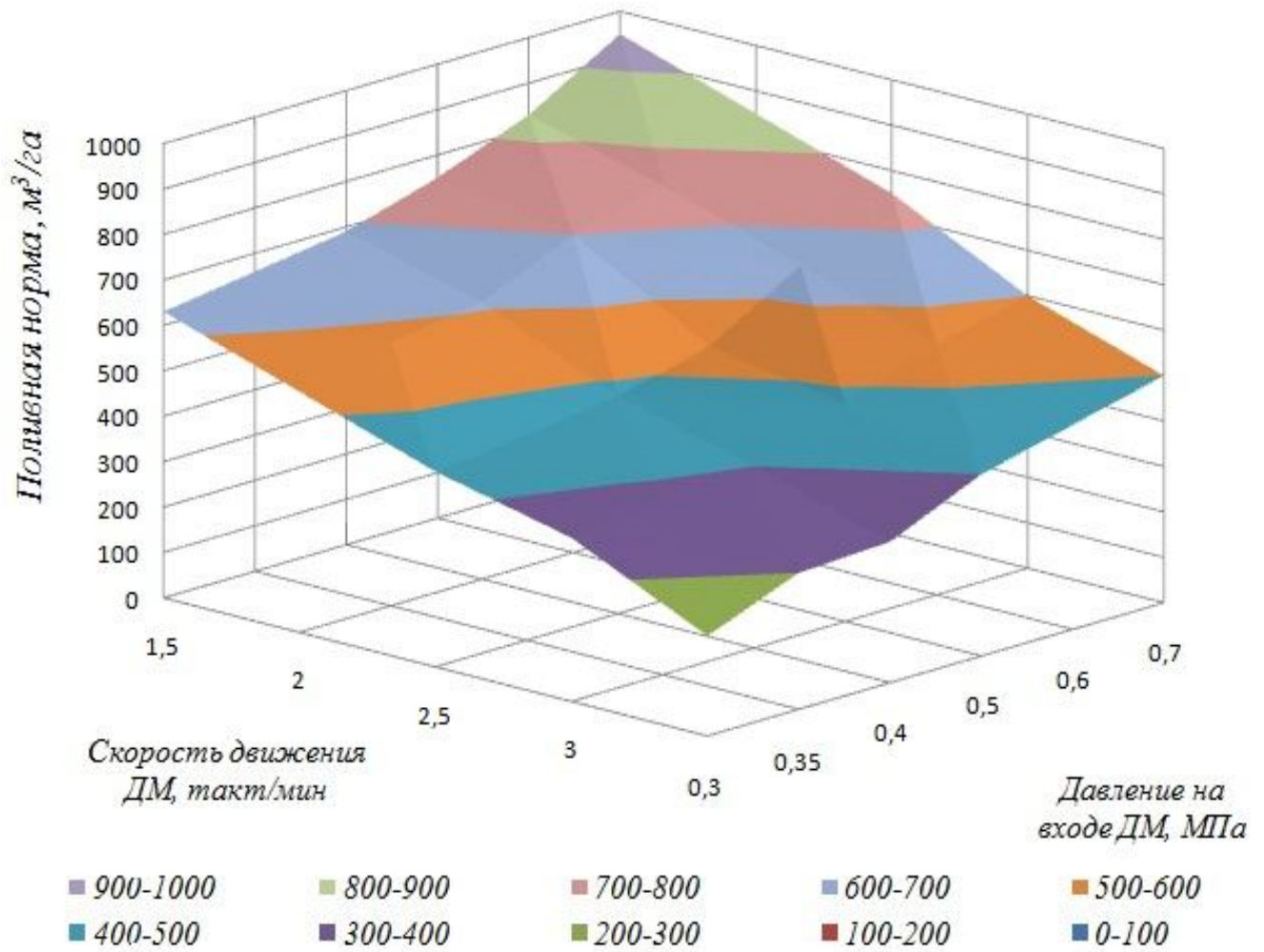


Рисунок 4.10 - Поливная норма, подаваемая усовершенствованной ДМ «Фрегат» при разных скоростях движения и давления воды

Из графика видно, что усовершенствованная ДМ «Фрегат» обеспечивает проведение полива сельскохозяйственных культур, при рабочем давлении на входе в машину 0,3 ... 0,7 МПа, при этом машина может выдавать поливную норму от 200 до 950 м³/га с продолжительностью полива 3 ... 4 суток, (Таблица 4.6) т.е машина обеспечивает работу при сниженных давлениях с соблюдением требований норм и сроков полива.

Таблица 4.6 - Поливная норма в зависимости от продолжительности полива и давления на гидранте

Число тактов (n), такт/мин	Продолжительность полива, час	Давление воды на гидранте усовершенствованной ДМ, МПа				
		0,3	0,35	0,4	0,6	0,7
1,5	97	630	660	690	830	950
2	90	470	580	610	750	850
2,5	85	430	450	480	650	750
3	67	360	380	400	550	600
4	59	200	300	310	450	500

Для обеспечения движения машины с приводом от гидроцилиндров в конструкции водопроводящей трубы на гидроцилиндры, использовалась полиэтиленовая труба с номинальным наружным диаметром 75 мм на участке от опоры ДМ до 11-ой тележки и диаметр трубы 50 мм на участке от 11-ой до 16-ой тележки.

Было проведено сравнение результатов полевых исследований и численного эксперимента по гидравлической модели ДМ «Фрегат», данные по которым представлены на рисунках 4.11-4.16.

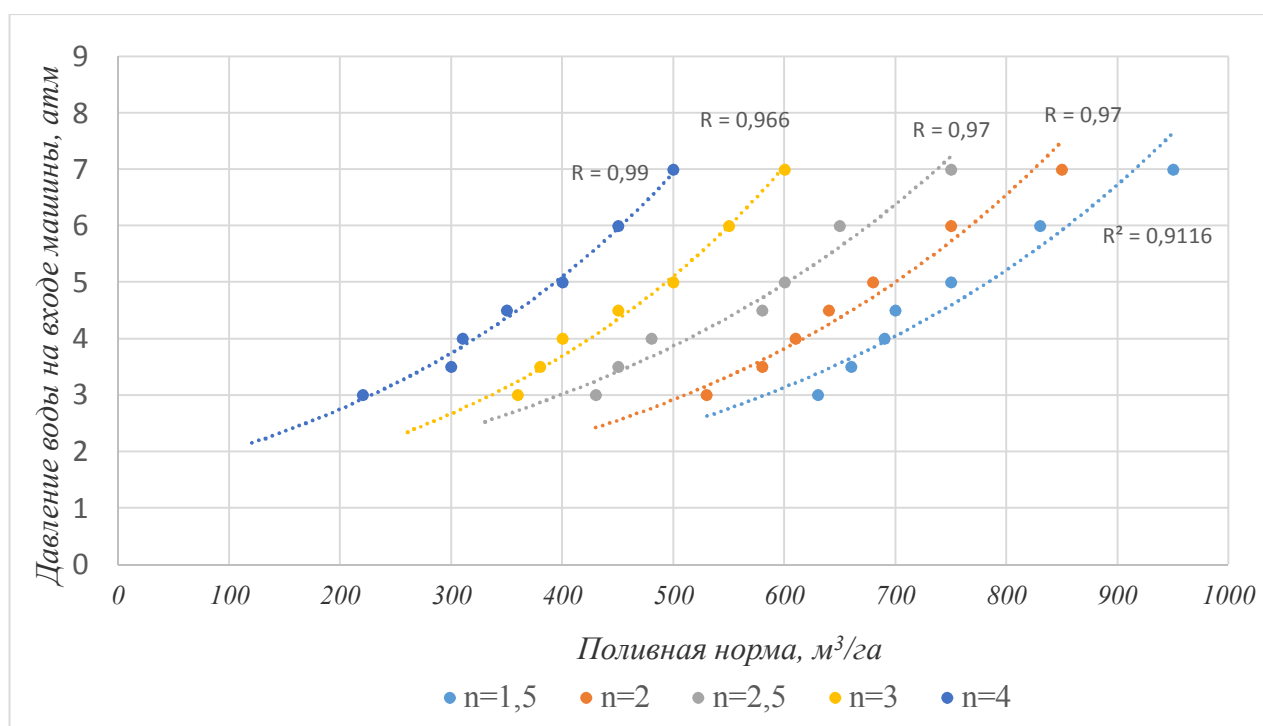


Рисунок 4.11 – Зависимость поливной нормы усовершенствованной ДМ «Фрегат» при разных скоростях движения и давления на входе

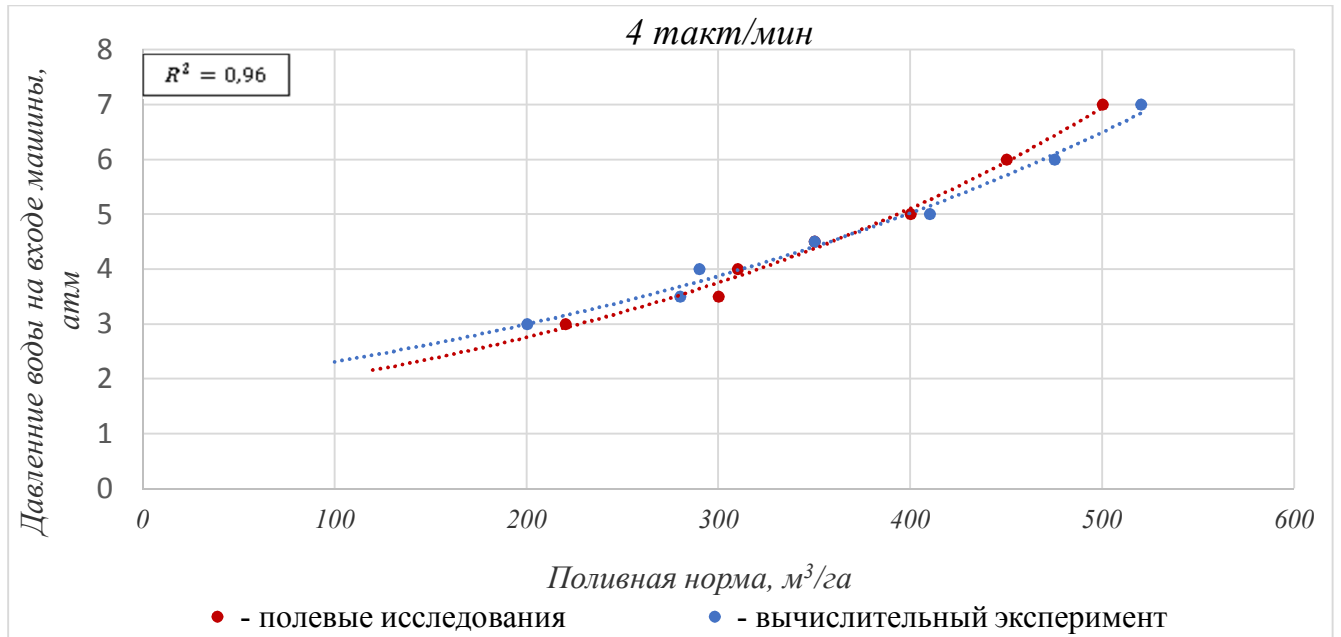


Рисунок 4.12 - Результаты численного эксперимента и полевых исследований поливной нормы в зависимости от давления при скорости движения 16-ой опоры 4 такт/мин.

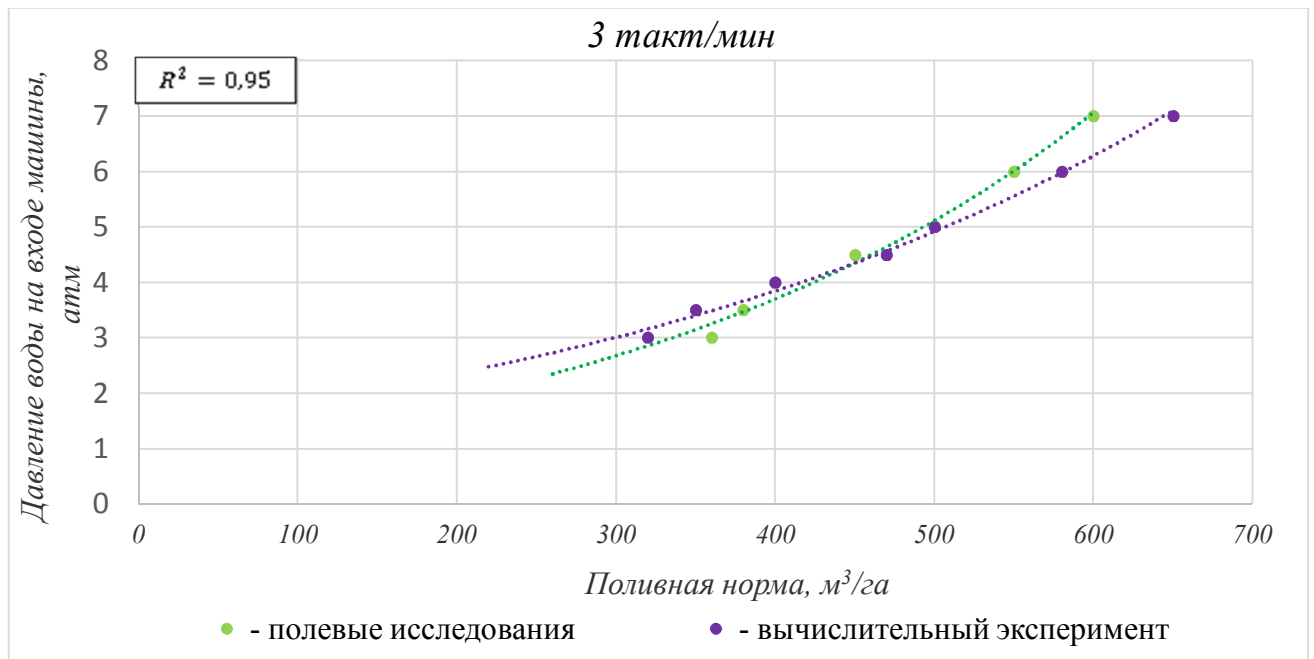


Рисунок 4.13 - Результаты численного эксперимента и полевых исследований поливной нормы в зависимости от давления при скорости движения 16-ой опоры 3 такт/мин.

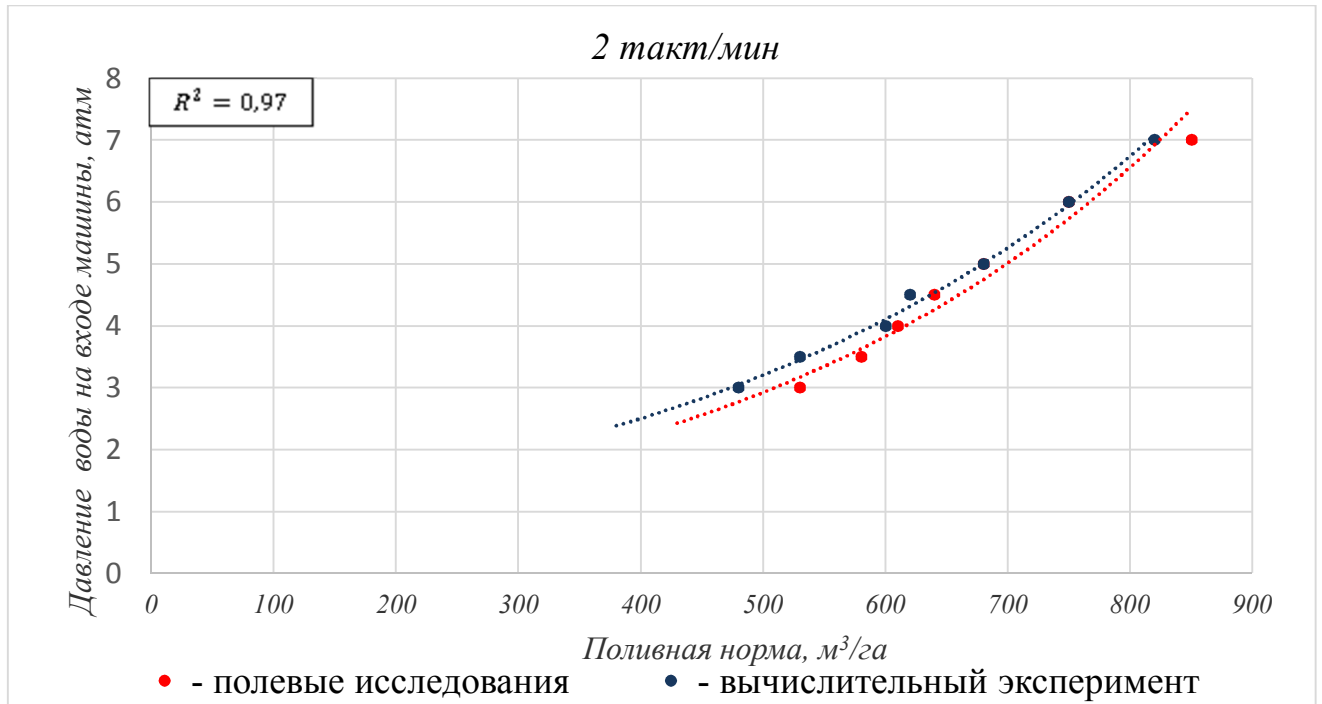


Рисунок 4.14 - Результаты численного эксперимента и полевых исследований поливной нормы в зависимости от давления при скорости движения 16-ой опоры 2 такт/мин.

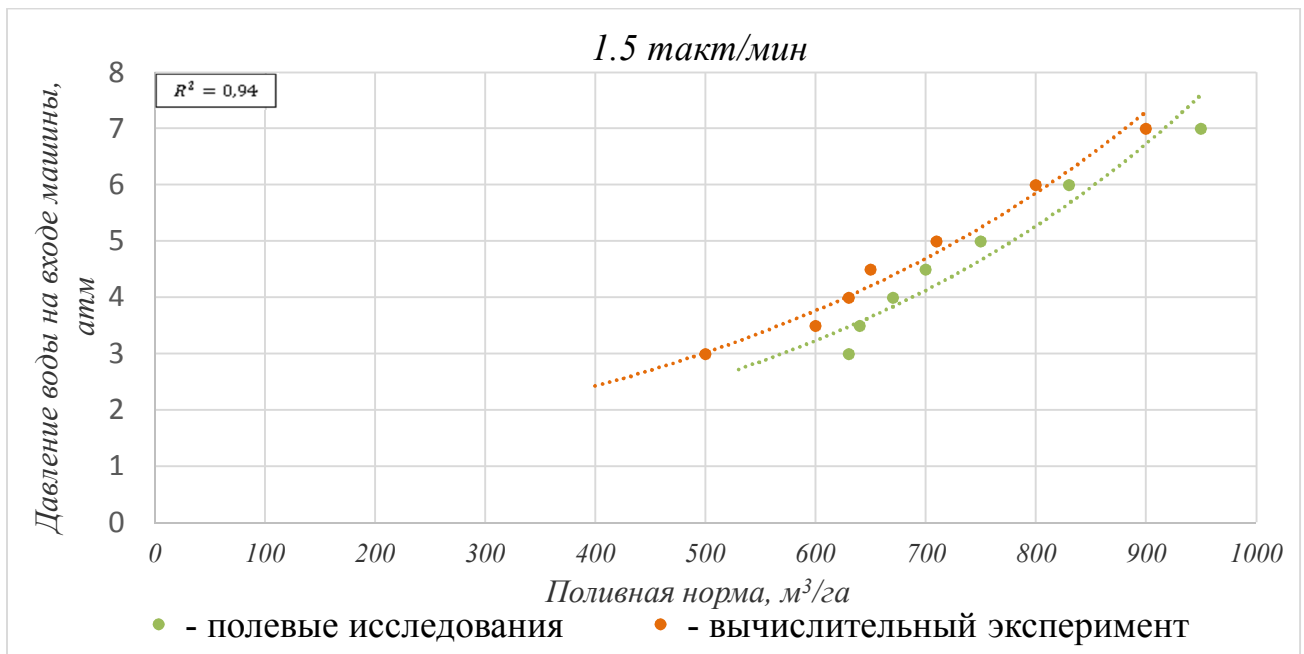


Рисунок 4.15 - Результаты численного эксперимента и полевых исследований поливной нормы в зависимости от давления при скорости движения 16-ой тележки 1,5 такт/мин.

По результатам сравнения величина достоверности аппроксимации равняется 0,95 что указывает на близкое совпадение результатов режима работы, машины рассчитанное гидравлической моделью с режимами работы полученными полевыми исследованиями.

4.5.1 Оценка энергозатрат на работу усовершенствованной ДМ «Фрегат»

Затраты мощности насосной станции на 1000 м³ поливной воды:

$$N_o = 5,4 + 5 + 10 + 23 + 37,1 \cdot 1 = 80 \text{ кВт} \quad (4.21)$$

1. Затраты мощности на преодоление геодезической высоты от водосточника до конечного гидранта оросительной системы:

$$N_h = 0,001 \cdot 0,99 \cdot 9,8 \cdot 0,09 (4,5 + 1,3 + 1,2) = 5,4 \text{ кВт} \quad (4.22)$$

2. Затраты мощности в закрытой оросительной сети:

$$N_o = 0,001 \cdot 0,99 \cdot 9,8 \cdot 0,09 \cdot (3,4 + 1,5 + 2) = 5 \text{ кВт} \quad (4.23)$$

3. Суммарные потери мощности в насосном оборудовании:

$$N_i = 7,5 + 5 + 0,26 = 10 \text{ кВт} \quad (4.24)$$

Потери мощности в насосной станции:

$$N_{in} = \frac{0,001 \cdot 0,99 \cdot 9,8 \cdot 0,09 \cdot 70 \cdot (1 - 0,89)}{0,9} = 7,5 \text{ кВт} \quad (4.25)$$

Потери мощности на передачу от электродвигателя к насосу, кВт;

$$N_{i_2} = \frac{0,001 \cdot 0,99 \cdot 9,8 \cdot 0,09 \cdot 70 \cdot (1 - 0,9)}{0,9} = 5 \text{ кВт} \quad (4.26)$$

Потери мощности в переходах от насоса к магистральному трубопроводу, кВт.,

$$N_{i_r} = 0,001 \cdot 0,99 \cdot 9,8 \cdot 0,09 \cdot 0,3 = 0,26 \text{ кВт} \quad (4.27)$$

4. Затраты мощности на утечке воды из сети напорных трубопроводов, кВт

$$N_w = 0,001 \cdot 0,99 \cdot 9,8 \cdot 0,07 \cdot 30 = 23 \text{ кВт} \quad (4.28)$$

5. Затраты мощности для работы дождевальных машин, кВт:

$$N_{sp} = 10 + 12 + 11 + 2 + 2,1 = 37,1 \text{ кВт} \quad (4.29)$$

6. Энергоемкость орошения в расчете на 1000 м³ поданной воды определяли по следующему уравнению:

$$N_{\text{оп}} = 2,72 \left(\frac{70}{0,75} + \frac{35}{0,8} \right) = 120 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / 1000 \text{ м}^3 \quad (4.30)$$

7. Расход воды насосным агрегатом м³/ч:

$$Q_{\text{агр}} = 3600 \cdot 80 = 288 \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (4.31)$$

8. Затраты энергии приведенные к точке водовыдела на полив, кВт·ч/1000м³:

$$\mathcal{E} = \frac{90}{3,6 \cdot 80} = \frac{80}{288} = 270 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3 \quad (4.32)$$

9. Годовой расход воды на полив, м³:

$$Q_{\text{год}} = 3000 \cdot 75 = 225000 \text{ м}^3 \quad (4.33)$$

10. Годовой расход электроэнергии за сезон (3000 м³):

$$W_{\text{год}} = 225000 \cdot 312 = 70200 \text{ кВт} \quad (4.34)$$

11. Норма расхода электроэнергии на 1000 м³ воды:

$$H_T = \frac{2,72 \cdot 70}{0,95} = 21 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{тыс. м}^3 \quad (4.35)$$

12. Удельный расход энергии на полив определяем по следующему уравнению:

$$\mathcal{E} = \frac{312}{75} = 4,1 \text{ кВт} / \text{га} \quad (4.36)$$

Производительность поливной техники и определяется по уравнению:

$$П = \frac{80 \cdot 3,6}{500} = 0,64 \text{ га} / \text{час} \quad (4.37)$$

Расчеты по формуле 4.4 показывают, что при давлении воды на гидранте 0,3 - 0,4 МПа, затраты энергии на подачу 1000 м³ воды составят 270 кВтч/м³. На основании расчетов и полевых исследований можно сделать вывод, что усовершенствованная ДМ «Фрегат» работает при давлении воды на гидранте 0,3 - 0,4 МПа, при этом показатели норм и сроков полива остаются на допустимом уровне (400-550 м³/га).

4.6. Выводы

1. На основании гидравлической модели получены технические характеристики полива усовершенствованной ДМ Фрегат:

при давлении воды на входе в машину 0,3 МПа: слой осадков колеблется от 28,4 до 58,6 мм; продолжительность полива от 83 до 89 часа; расход воды от 66 до 64 л/с.

при давлении воды 0,35 МПа: слой осадков от 30,50 до 62,8 мм; продолжительность полива от 83 до 89 часа; расход воды от 69 до 71,3 л/с. При этом для обеспечения движения машины с приводом от гидроцилиндров, необходимо использовать полиэтиленовый трубопровод марки ПЭ 80 PN8 с максимальным рабочим давлением 0,8 МПа, номинальным наружным диаметром 75 мм на участке от опоры ДМ до 11-ой тележки и 50 мм на участке от 11-ой до 16-ой тележки.

2. На основании полевых исследований установлено, что серийная ДМ «Фрегат», модификации ДМУ - 463-90 осуществляет полив сельскохозяйственных культур в следующих режимах:

- при давлении воды на гидранте 0,7 МПа и скорости движения последней тележки ДМ $n=2,5$ такта/мин полив осуществляется нормой $650 \text{ м}^3/\text{га}$;

- при давлении воды на гидранте 0,6 МПа и скорости движения последней тележки ДМ $n=4$ такта/мин полив осуществляется нормой $300 \text{ м}^3/\text{га}$;

- при давлении воды на гидранте 0,5 МПа и скорости движения последней тележки ДМ $n=3$ такта/мин полив осуществляется нормой $350 \text{ м}^3/\text{га}$;

- при давлении воды на гидранте 0,45 МПа и скорости движения последней тележки ДМ $n=2$ такта/мин полив осуществляется нормой $400 \text{ м}^3/\text{га}$.

Таким образом, серийная ДМ «Фрегат» может производить полив в соответствии с нормами и требованиями при минимальном давлении не менее 0,45 МПа, при этом поливная норма при скорости движения 2 такта/мин, равна $400 \text{ м}^3/\text{га}$. Дальнейшее снижение давления приведет к неэффективному поливу, так как выдаваемая поливная норма не будет соответствовать рекомендованным значениям норм и продолжительности полива.

3. Изготовлена конструкция опытного образца усовершенствованной ДМ «Фрегат», обеспечивающая работу машины в двух режимах работы:

- 1) Режим движения без проведения полива.
- 2) Режим проведения полива при снижении давления.

Опытный образец ДМ с полиэтиленовым трубопроводом обеспечил устойчивую и надежную работу при рабочем давлении 0,3...0,7 МПа.

4. Лабораторными исследованиями установлены качественные характеристики работы дождеобразующих устройств усовершенствованной ДМ «Фрегат»: расход воды: 73 л/с; радиус захвата дождем: 6,86 м; диаметр капель дождя: 1,5 мм; рабочий напор устройства: 24,5 м; интенсивность дождя: 0,874 мм/мин; равномерность дождя 0,9. На основании проведенных исследований была сформирована карта настройки устройств по длине усовершенствованной ДМ «Фрегат» позволяющая производить полив при пониженном давлении 0,3-0,35 МПа.

5. Полевыми исследованиями установлено что усовершенствованная ДМ «Фрегат» обеспечивает проведение полива при рабочем давлении воды на входе в машину 0,3-0,7 МПа, при этом машина может выдавать поливную норму от 200 до 950 м³/га с продолжительностью полива 3-4 суток.

Усовершенствованная машина производит полив нормой 500 м³/га при давлении 0,30 МПа с продолжительностью работы 4 суток, тогда как базовая машина при соответствующей скорости движения производит полив нормой 500 м³/га при напоре 0,48 - 0,5 МПа.

Параметры полива созданной ДМ по поливной норме увеличены на 20...150 м³/га при работе на низких напорах 0,3...0,4 МПа.

Продолжительность полива сельскохозяйственных культур при рабочих параметрах усовершенствованной машины: напор воды 0,3 ... 0,4 МПа и поливной норме 200 ... 950 м³/га составляет 3... 4 суток.

6. Затраты электроэнергии на полив усовершенствованной ДМ работающей при напоре 0,3...0,4 МПа на 16...36 % ниже затрат при работе серийной машины с напором на гидранте 0,45...0,7 МПа.

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

5.1. Результаты внедрения усовершенствованной ДМ «Фрегат»

Внедрение модернизированной дождевальной машины «Фрегат» осуществлено в период времени с 2015 по 2016 год в хозяйстве ООО «Наше Дело» Марковского района, Саратовской области на орошаемом участке № 15 для орошения кукурузы. Документы о внедрении приведены в приложении 2.

Внедрение усовершенствованной ДМ «Фрегат» позволяет обеспечить работу машины на сниженных напорах с экономией электроэнергии до 36%.

Также в период времени с 2014 по 2016 годы автором были разработаны и внедрены различные конструкции дождевальной техники [6, 77] и дождеобразующих устройств [23].

Результаты научно-исследовательской работы по теме диссертации были представлены на Всероссийской агропромышленной выставке «Золотая осень» в 2015 г., работа получила серебряную и бронзовую медали.

По итогам выполненной работы автором достигнуты следующие результаты:

- призер конкурса «Научно-инновационных работ молодых ученых СГАУ 2015»;

- обладатель премии имени И.А. Кузника Ученого совета университета «За особые достижения в исследованиях проблем сельскохозяйственной мелиорации и орошаемого земледелия»

- призер конкурса «Научно-инновационных работ студентов, аспирантов и молодых ученых университета, направление «Технические науки», СГАУ 2016 – 2017.

5.2. Расчет экономической эффективности от внедрения усовершенствованной ДМ «Фрегат»

Расчет экономической эффективности производим по двум направлениям:

- Оценка энергозатрат машины на подачу оросительной воды для производство полива сельскохозяйственных культур в режиме низких давлений с заменой насосного агрегата на насосной станции;
- Расчет экономической эффективности от внедрения усовершенствованной ДМ «Фрегат», работающей в режиме пониженного давления при одновременном подключении 6 дождевальных машин к одному насосному агрегату.

5.2.1. Оценка энергозатрат машины на подачу 1 м³ оросительной воды на производство полива сельскохозяйственных культур при заданных нормах и сроках полива в режиме пониженных давлений

Оценка энергозатрат машины на подачу 1 м³ оросительной воды на производство полива сельскохозяйственных культур при заданных нормах и продолжительности полива в режиме низких давлениях осуществляется путем сравнения рабочих характеристик машины (Рисунок 5.1):

- при базовом давлении;
- при сниженном до возможных величин давлении;
- при низком давлении, которое обеспечивает ДМ «Фрегат» с дополнительным трубопроводом.

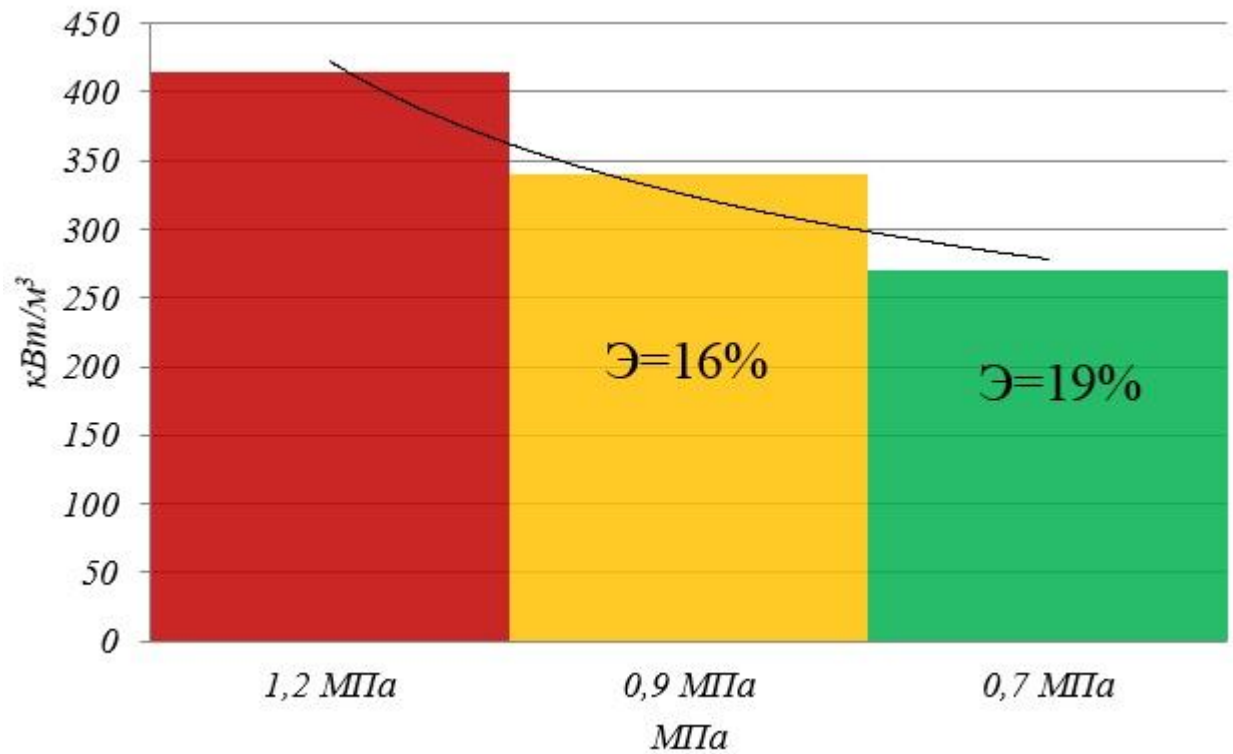


Рисунок 5.1 - График зависимости потребной электроэнергии от величины давления на входе для ДМ «Фрегат»

Из рисунка 5.1 видно что при базовом давлении 1,2 МПа на насосной станции машина затрачивает 451 кВт/м³, снижение рабочего давления на насосной станции до величины 0,9 МПа позволит обеспечить экономию энергоресурсов до 16 % при требуемых нормах и сроках полива.

Применение усовершенствованной ДМ «Фрегат» позволит снизить давление на насосной станции с 0,9 МПа до 0,7-0,6 МПа, в связи с этим использование рекомендованных энергоемких насосных агрегатов СПНС 100/100 с расходом воды 100 л/с и электродвигателем мощностью 160 кВт, является не рациональным, поэтому необходимо произвести замену данных агрегатов на менее энергоемкие насосы марки СПС 70/80 с расходом 90 л/с и электродвигателем 100 кВт/ч, что позволит обеспечить снижение потребления электроэнергии на подачу каждой 1000 м³ воды еще на 19 % с 340 до 270 кВт/ч (табл. 5.14-5.15, рис 5.1). Таким образом, общая экономия энергоресурсов на подачу 1000м³ орошаемой воды составит 36 % при соблюдении требуемых норм и сроков полива орошаемой культуры.

Таблица 5.1 - Экономия электроэнергии на насосной станции от внедрения усовершенствованной ДМ «Фрегат» в ООО «Наше Дело»

Показатели	«Фрегат» ДМУ-Б-463-80	
	Серийная	Низконапорная
Расход воды, л/с	80	80
Давление на машине, МПа	0,60	0,35
Применяемый насосный агрегат	СПНС-100/100	СПС-70/80
Мощность электродвигателя, кВт	160	100
Давление на насосной станции при подаваемом расходе, МПа/л/с	1,2/120	0,7/80
Потребляемая мощность электродвигателя/на подачу 1000 м ³ воды, кВт/ кВт·ч	133,7/ 451	80,0/ 270
Экономия электроэнергии при подаче 3000 м ³ /га, -тыс. кВт·ч / %	-	30/ 36
Экономия электроэнергии за год –15,0 тыс. кВт·ч, 75,0 тыс. руб.		

Таблица 5.2 - Давление на входе и потребляемая мощность серийной и низконапорными ДМ «Фрегат» в зависимости от расхода воды

Вид машины	Модификация машины	Число опор, шт.	Расход воды, л/с	Давление на входе машины, МПа	Потребляемая мощность машины, кВт
(ООО Наше дело; Энгельский район Саратовской обл.)					
Серийная	ДМУ-Б-463-90	16	90	0,60	60
Модернизированная	ДМУ-Б-463-90	16	90	0,35	34

Таким образом, экономическая эффективность от внедрения усовершенствованной ДМ «Фрегат» и замены насосного агрегата на менее энергоемкий обеспечивается за счет перевода машины на низконапорные режимы работы 0,7-0,6 МПа, вместо 1,2-0,9 МПа, при этом проведенная модернизация ДМ «Фрегат» позволяет использовать на подачу 3000 м³ воды 30 тыс. кВт электроэнергии. В среднем на подачу 1000 м³ воды тратится 10000 кВт·ч, при том что при использовании высоконапорной ДМ «Фрегат» на подачу такого же объема воды затрачивается 43 тыс. кВт, в среднем на подачу 1000 м³ воды тратится 15000 кВт·ч, что на 36% выше относительно низконапорной ДМ .

5.2.2. Расчет экономической эффективности от числа работающих «Фрегат»

Применение усовершенствованной ДМ «Фрегат» позволит увеличить число одновременно работающих машин от одного насосного агрегата с 2-3 до 4-6 машин (табл. 5.3). Так при использовании одного насосного агрегата Д120/125 с электродвигателем 500 кВт, возможно увеличить число работающих низконапорных машин до 6 шт. В стандартном режиме нормальная работа 3 серийных машин обеспечивается от 2 насосных агрегатов марки Д120/125.

Таблица 5.3 - Число работающих низконапорных ДМ «Фрегат» и давление на выходе насосных станций в зависимости от кол-ва работающих агрегатов

Насосный агрегат				Кол-во агрегатов, шт.	Рнс, МПа	Число ДМ, шт	Суммарный расход воды машинами, л/с
1	2	3	5				
+	+	+	-	3	0,76	6	40+40+40+30+30+20=200
+	+	+	-	3	0,82	5	40+40+40+30+30+10=190
+	+	+	-	3	0,65	7	40+40+100+30+30+50+30=310
+	+	+	-	3	0,60	4	100+100+30+50=280
+	+	+	-	3	0,70	3	100+100+40=240
+	+	+	-	3	0,60	4	100+100+40+30=270
+	-	+	-	2	0,60	4	40+40+40+30+10=160
+	-	+	-	2	0,70	4	100+40+30+30=200
+	-	+	-	2	0,90	3	100+30+40=170

Расчет экономической эффективности от внедрения ДМ «Фрегат» производим согласно инструкции по определению экономической эффективности использования новой техники, изобретений и рационализаторских предложений в орошении и осушении земель, а также методики определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений (Таблица 5.1) [61,31,9].

1. При работе 3 серийных машин расход воды $Q_{сер}$ л/с, будет равен:

$$Q_{сер} = n_M \cdot Q_M, л/с \quad (5.1)$$

где: n_M – количество ДМ, ед; Q_M - расход ДМ, л/с.

$$Q_{сер} = 3 \cdot 80 = 240, л/с \quad (756 \text{ м}^3/ч)$$

При использовании 6 усовершенствованных ДМ расход будет равен:

$$Q_{\text{мод}} = 6 \cdot 80 = 480, \text{ л/с (1700 м}^3/\text{ч)}$$

2. Время работы T_p серийных машин составит: $T_{p,\text{сер}} = 90 \cdot 2 = 180$ час;

Время работы усовершенствованных машин составит: $T_{p,\text{мод}} = 90$ час.

3. Потребляемая мощность насосной станции составит:

$$N = n_{\text{агр}} \cdot N_{\text{д}}, \text{ кВт} \quad (5.2)$$

где: $n_{\text{агр}}$ - количество насосных агрегатов, шт; $N_{\text{д}}$ - мощность двигателя, кВт.

Для серийных машин: $N_{\text{сер}} = 2 \cdot 350 = 700$ кВт

Для усовершенствованных машин: $N_{\text{мод}} = 480$ кВт

4. Общее потребление электроэнергии за полив, кВт.

$$N_{\text{общ}} = N \cdot T_{\text{раб}}, \text{ кВт} \quad (5.3)$$

$$N_{\text{общ,сер}} = 700 \cdot 90 = 63000, \text{ кВт}$$

$$N_{\text{общ,мод}} = 480 \cdot 90 = 43200, \text{ кВт}$$

5. Экономия электроэнергии за один полив составит:

$$\mathcal{E}_{\text{п}} = N_{\text{общ,сер}} - N_{\text{общ,мод}}, \text{ кВт}, \quad (5.4)$$

$$\mathcal{E}_{\text{п}} = 63000 - 43200 = 19800, \text{ кВт},$$

6. Экономия денежных средств за один полив:

$$\mathcal{E}_{\text{д}} = \mathcal{E}_{\text{п}} \cdot \mathcal{C}_{\mathcal{E}}, \quad (5.5)$$

где: $\mathcal{C}_{\mathcal{E}}$ - стоимость одного кВт/ч электроэнергии, руб (5 руб).

$$\mathcal{E}_{\text{д}} = 19800 \cdot 5 = 100000 \text{ руб},$$

Экономия денежных средств за полив на 6 машин составит 100000 руб.

7. Годовая экономия от снижения энергозатрат на одну ДМ «Фрегат»:

$$\mathcal{E}_{\text{м}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{д}}}{\eta_{\text{м}}}, \quad (5.6)$$

$$\mathcal{E}_{\text{м}} = \frac{100000}{6} = 16700 \text{ руб},$$

Экономия денежных средств на ДМ за сезон составит 83 тыс. руб, применение 6 усовершенствованных ДМ «Фрегат» позволит экономить 498000 руб. ежегодно.

Таблица 5.4 - Экономическая эффективность внедрения усовершенствованной ДМ «Фрегат» в ценах 2017 г.

Показатели	ДМ «Фрегат»			
	усовершенствованная		базовая	
	значение	источник	значение	источник
1	2	3	4	5
Цена машины, руб.	2701300	Прейскурант	2500000	Прейскурант
Годовая загрузка, ч	660	Производственные испытания	660	Производственные испытания
Обслуживающий персонал, чел. оператор	1	-	1	-
Тарифная ставка оператора, руб./ч	300	Справочный материал	300	Справочный материал
Стоимость кВт/ч электроэнергии, руб.	5	Справочный материал	5	Справочный материал
Затраты электроэнергии, кВт	43200	-	63000	-
Эксплуатационные издержки				
Аморт. отчисления (12,5 %), руб./га	4605	$\frac{2653000 \cdot 12.5}{100 \cdot 72}$	4340	$\frac{2500000 \cdot 12.5}{100 \cdot 72}$
Отчисления на ремонт (6,0 %), руб./га	2210	$\frac{2653000 \cdot 6}{100 \cdot 72}$	2083	$\frac{2500000 \cdot 6}{100 \cdot 72}$
Издержки на з./плату, руб. оператор	2750	$\frac{300 \cdot 660 \cdot 1}{72}$	2750	$\frac{300 \cdot 660 \cdot 1}{100 \cdot 72}$
Издержки на эксплуатацию	9565	-	9173	-
Затраты на энергоресурсы, руб.	216000	-	315000	-
Итого, руб.	235130	-	333346	-
Годовой эффект, руб.	83970	-	-	-

Таким образом, при модернизации орошаемого участка с высоко напорного на низконапорный без замены насосных агрегатов, а подключением большего количества усовершенствованных машин, суммарный расход воды насосной станцией увеличится с 210 до 480 л/с, а удельный расход электроэнергии на подачу 1000 м³ уменьшится с 630 до 432 кВт·ч (табл. 5.19, рис. 5.4).

Таблица 5.5- Удельный расход электроэнергии на подачу воды насосным агрегатом Д 1250-125 в зависимости от числа работающих машин

Число работающих машин, шт.	2	3	4	5	6
Расход воды 1 машины, л/с	79,0	77,0	77,0	74,0	68,0
Расход воды агрегата, л/с	208	260	330	420	470
Давление на насосной станции, МПа	1,10	1,03	0,93	0,85	0,70
Потребление электроэнергии, кВт·час	220	260	320	400	440
Расход электроэнергии на подачу 1000 м ³ воды, кВт·час	386	314	306	300	299

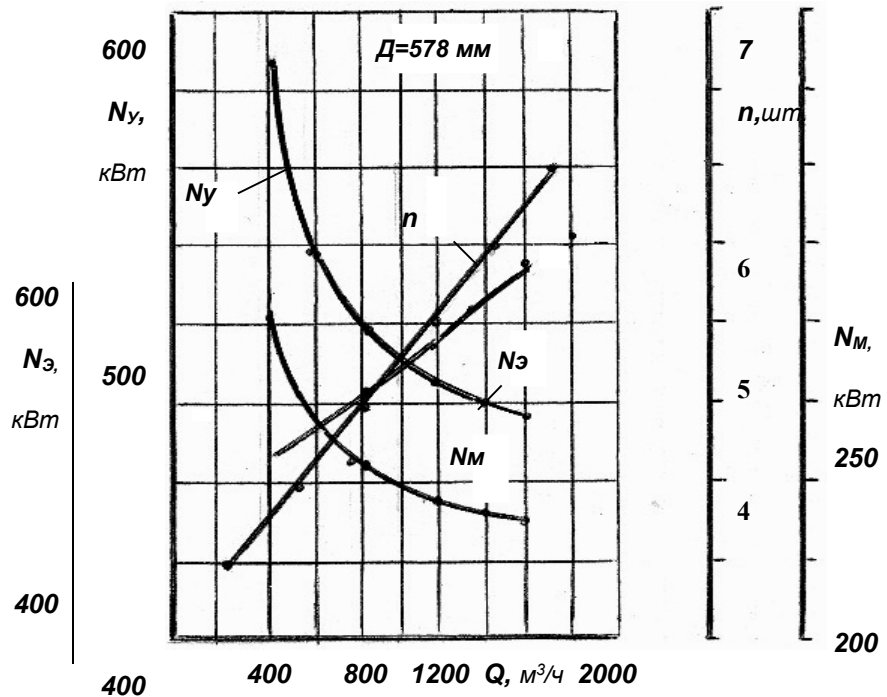
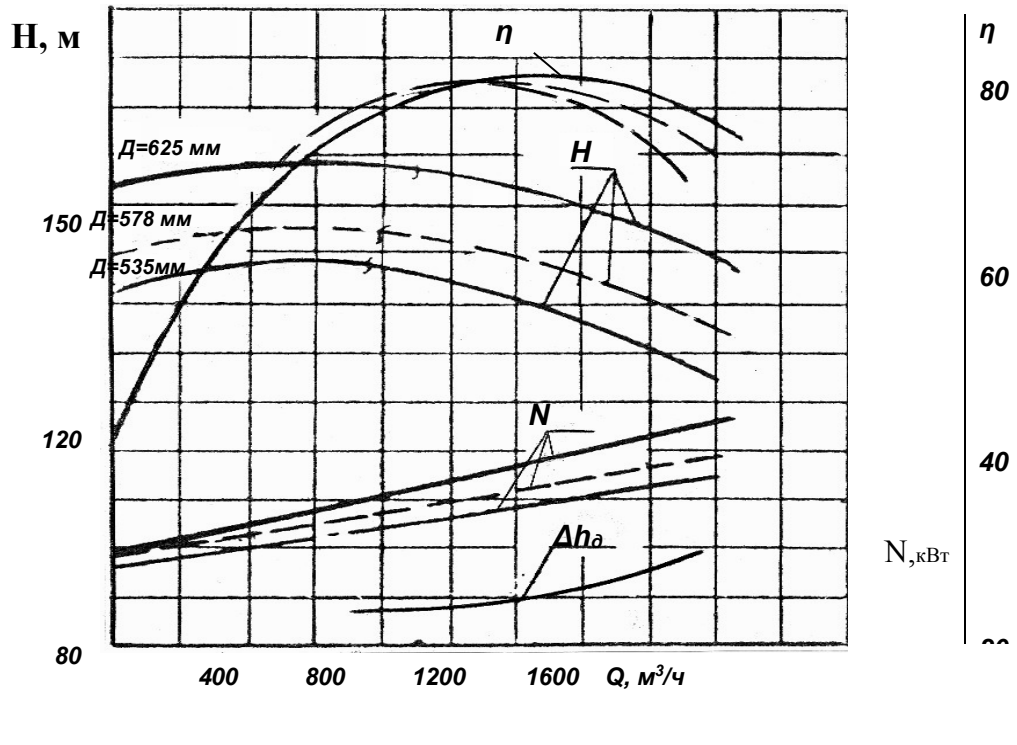


Рис. 5.4. Расходно-напорная характеристика насосного агрегата Д1250-125 (а) с электродвигателем мощностью 500 кВт. Мощность, потребляемая электродвигателем (N_e), удельная мощность на подачу 1000 м^3 воды (N_y), количество одновременно работающих машин (n) и мощность на одну ДМ «Фрегат» (N_m) в зависимости от расхода воды (б).

5.3. Экономия электроэнергии при работе ДМ «Фрегат» на низком давлении

Для оценки эффективности режима работы усовершенствованной ДМ «Фрегат» при низких давлениях рассмотрим работу машин через продолжительность полива.

ДМ «Фрегат» в количестве 4 единиц полиют площадь под 16 ДМ за 16 дней. Если число одновременно работающих ДМ увеличить до 5, то та же площадь будет полита за 12 дней. Разница между числом дней поливов составит: 4 дня.

Экономия электроэнергии на 1 цикле полива на 16 машинах составит:

$(16300 - 12 \cdot 400) \cdot 16,8 \text{ ч} = (5100 - 4800) \cdot 16,8 \text{ ч} = 315 \text{ кВт} \cdot 16,8 \text{ ч} = 5359 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$.
на 30 машинах – 10750 кВт·ч.

За поливной сезон будет сделано в среднем 6 поливов. Общая экономия электроэнергии за сезон на насосной станции составит 64719 кВт·ч.

5.4. Ориентировочная стоимость дождевальная машины с полиэтиленовым трубопроводом

Расчет стоимости совершенствования ДМ «Фрегат»

$$S_{\text{переоб}} = S_{\text{зп}} + S_{\text{мат}} + \frac{\% \text{НР} \cdot S_{\text{осн.зп}}}{100} \quad (5.7)$$

где: $S_{\text{зп}}$ – затраты на заработную плату, руб.; $S_{\text{мат}}$ – затраты на материалы для переоборудования, руб.; %НР – процент накладных расходов; $S_{\text{осн.зп}}$ – основная заработная плата, руб.

Расчет заработной платы для изготовления машины проведем в табличной форме, табл. 5.1.

Таблица 5.1. - Заработная плата за совершенствование ДМ

№ п/п	Виды работ	Трудоемкость, чел. ч.	Тарифный разряд	Тарифная ставка	Итого зарплата
1	Слесарные	210	4	45,46	9450
2	Сварочные	270	5	51,15	13770
3	Токарные	200	4	45,46	9000
ВСЕГО		680			32220

Дополнительная заработная плата определяется:

$$S_{\text{доп}}=0,1 \cdot S_{\text{осн.зп}}, \quad (5.8)$$

где: $S_{\text{осн.зп}}$ – основная заработная плата производственных рабочих, руб.

$$S_{\text{доп}}=0,1 \cdot 32220=3222 \text{ руб.}$$

Выдачи премий к заработной плате определяются как

$$S_{\text{прем}}=0,4S_{\text{осн.зп}}, \quad (5.9)$$

$$S_{\text{прем}}=0,4 \cdot 32220=12880 \text{ руб.}$$

Начисления по социальному страхованию ($S_{\text{соц}}$) берутся в размере 35,6 % от основной и дополнительной заработной платы рабочих.

$$S_{\text{соц}}=0,356(S_{\text{осн}}+S_{\text{доп}}), \quad (5.10)$$

где: $S_{\text{осн}}$ – основная зарплата рабочих, руб.; $S_{\text{доп}}$ – дополнительная зарплата, руб.

$$S_{\text{соц}}=0,356(32220+3222)=12617,3 \text{ руб.}$$

Суммарная зарплата рабочих определится:

$$S_{\text{зп}}=S_{\text{осн}}+S_{\text{доп}}+S_{\text{соц.страх}}+S_{\text{прем}}, \quad (5.11)$$

где: $S_{\text{осн}}$ – основная зарплата рабочих, руб.; $S_{\text{доп}}$ – дополнительная зарплата, руб.; $S_{\text{соц.страх}}$ – начисления по социальному страхованию, руб.; $S_{\text{прем}}$ – премии к заработной плате, руб.

Тогда суммарная заработанная плата будет составлять

$$S_{\text{зп}}=32220+3222+12670+11880=56718 \text{ руб.}$$

Стоимость стального трубопровода серийной 16-опорной ДМ «Фрегат» на 2016 год (цена трубы длиной 10 м – 26 тыс. руб.) равна 1196000 тыс. руб. (табл.

5.2). Стоимость полиэтиленового трубопровода (ДМ «Фрегат», 16 опор, 460 м., цена трубы длиной 10 м – 6,5 тыс. руб.) составит 299 тыс. руб.

Таблица 5.2 – Сводная таблица расчета стоимости усовершенствованной и серийной ДМ «Фрегат»

Позиции	Серийная ДМ	Усовершенствованная ДМ
1. Стоимость стального трубопровода, тыс.руб.	1196000	1196000
2. Стоимость полиэтиленового трубопровода, тыс.руб.	-	299000
3. Общая стоимость	1196000	1495000

Таким образом, затраты на материалы для изготовления ДМ «Фрегат» равны $S_{\text{мат}}=1495000$ руб. Процент накладных расходов составит % НР=300-350, принимаем % НР=350.

Подставив в формулу (5.4) соответствующие числовые значения, получим:

$$S_{\text{переоб}} = 56718 + 299000 + \frac{350 \cdot 32220}{100} = 468488 \text{ руб.}$$

5.5. Выводы

Внедрение усовершенствованной ДМ «Фрегат» позволяет:

1) Снизить энергозатраты до 16...36 %, за счет снижения давления на насосной станции с 1-1,2 МПа до 0,5-0,7 МПа, в результате чего энергозатраты снижаются с 350-400 кВт·ч до 180-250. Экономия электроэнергии на одной ДМ «Фрегат» составит 20 тыс. кВт·ч при норме полива за сезон 3000 м³/га и подаче 130000 м³ воды;

2) Уменьшить давление на насосной станции с 1,0...1,2 МПа до 0,5...0,7 МПа, одновременно увеличить водоподачу насосной станции на 16...36 % и водообеспеченность орошаемого участка, а также увеличить число одновременно работающих ДМ. Число одновременно работающих машин при работе 1 насоса может увеличиться с 2 до 6 машин, а при включении 2 насосных агрегатов с 6 до 8 шт.

3) Снизить давление на входе ДМ «Фрегат» до 0,3...0,35 МПа повысив тем самым надежность работы гидропривода за счет уменьшения числа отказов;

4) Снизить с 1,2 МПа до 0,7 МПа давление в закрытой оросительной сети и уменьшить величину возможного гидроудара и тем самым повысить надежность работы закрытой сети, снизить эксплуатационные затраты на ДМ «Фрегат», устранить порывов трубопровода.

Для более наглядного эффекта, получаемого от внедрения в производство усовершенствованной ДМ «Фрегат», проведем сопоставимость конструкций по ряду значимых показателей:

- Усовершенствованная дождевальная машина может выдавать поливную норму 500 м³/га при напоре 0,3 МПа при продолжительности работы машины 4 суток, тогда как базовая машина при соответствующей скорости движения производит полив нормой 500 м³/га при напоре 0,48- 0,5 МПа.

- Усовершенствованная дождевальная машина может выдавать поливную норму от 200 до 950 м³/га при напоре воды на гидранте 0,3...0,7 МПа.

- Параметры полива усовершенствованной дождевальной машины по поливной норме увеличены на 10...150 м³/га при работе на низких давлениях 0,3...0,4 МПа.

- Затраты электроэнергии на полив усовершенствованной машиной работающей при напоре 0,3...0,35 МПа на 30..36 % ниже затрат при работе базовой машины с напором на гидранте 0,45...0,7 МПа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенный анализ технических решений, направленных на снижение рабочего давления ДМ «Фрегат» показал, что режимы работы машины составляет 0,5-0,7 МПа, энергоемкость полива при таких режимах работы высокая и составляет 350 - 600 кВт·ч на 1000 м³. Выявлено наиболее эффективное решение, позволяющее перевести ДМ в низконапорные режимы работы, заключающееся в применение дополнительного полиэтиленового трубопровода на привод ходового оборудования;

2. Обоснованы конструктивные параметры и технические требования усовершенствованной ДМ «Фрегат» с дополнительным трубопроводом, обеспечивающий движение машины без проведения полива и работу при пониженных давлениях:

- при давлении воды 0,3 МПа, поливная норма 220 - 600 м³/га;
- при давлении воды 0,35 МПа, поливная норма 300 - 650 м³/га.

3. Разработанная гидравлическая модель, алгоритм и прикладная программа расчета норм и сроков полива ДМ «Фрегат» позволила провести численный эксперимент и получить технические характеристики полива:

- при давлении воды на входе в машину 0,3 МПа: слой осадков колеблется от 28,4 до 58,6 мм; продолжительность полива от 83 до 89 часа; расход воды от 66 до 64 л/с.

- при давлении воды 0,35 МПа: слой осадков 30,50-62,8 мм; продолжительность полива 83-89 часа; расход воды 69-71,3 л/с. Для обеспечения движения машины с приводом от гидроцилиндров, применяется полиэтиленовый трубопровод с наружным диаметром 75 мм на участке от опоры ДМ до 11-ой тележки и 50 мм на участке от 11-ой до 16-ой тележки;

4. На основании полевых исследований установлено, что серийная ДМ «Фрегат», модификации ДМУ- 463-90 обеспечивает проведение полива сельскохозяйственных культур, при рабочем давлении на входе в машину 0,7 - 0,45 МПа,

при этом ДМ может выдавать поливную норму от 300 до 650 м³/га, дальнейшее снижении рабочего давления не возможно в связи с конструктивными особенностями ДМ;

5. Лабораторными исследованиями установлены качественные характеристики работы дождеобразующих устройств для усовершенствованной ДМ «Фрегат»: расход воды: 73 л/с, радиус захвата дождем: 6,86 м, диаметр капель дождя: 1,5 мм, рабочий напора устройства: 24,5 м, интенсивность дождя: 0,87 мм/мин; равномерность дождя 0,9. На основании проведенных исследований сформирована карта настройки устройств по длине усовершенствованной ДМ «Фрегат», позволяющая производить полив при пониженном давлении 0,3-0,35 МПа;

6. Полевыми исследованиями установлено что усовершенствованная ДМ «Фрегат» обеспечивает проведение полива, при рабочем давлении воды на входе в машину 0,3 - 0,7 МПа, при этом машина выдает поливную норму от 200 до 950 м³/га с продолжительностью полива 3 - 4 суток;

Усовершенствованная ДМ производит полив нормой 500 м³/га при напоре 0,30 МПа с продолжительностью 4 суток, тогда как базовая ДМ при соответствующей норме и продолжительности полива производит работу при напоре 0,5 МПа;

Параметры полива усовершенствованной ДМ по поливной норме увеличены на 20-150 м³/га при работе на низких давлениях 0,3-0,4 МПа;

7. Затраты электроэнергии на полив созданной ДМ работающей при напоре 0,3-0,4 МПа на 16 – 36 % ниже затрат при работе серийной ДМ с давлением на гидранте 0,45-0,7 МПа;

8. Проведено сравнение результатов полевых исследований и численного эксперимента по гидравлической модели ДМ «Фрегат», на основании сравнения величина достоверности аппроксимации равняется 0,95 что указывает на близкое совпадение результатов режима работы машины рассчитанное гидравлической моделью с режимами работы полученными полевыми исследованиями.

9. Экономический эффект от внедрения низконапорной ДМ «Фрегат» складывается из экономии электроэнергии на насосной станции, повышения надежности работы оросительной сети, а также от повышения урожайности сельскохозяйственных культур за счет своевременности проведения поливов. Годовой экономический эффект от внедрения усовершенствованной ДМ «Фрегат» с дополнительным трубопроводом составляет 83970 руб.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. При орошении сельскохозяйственных культур эксплуатационным организациям рекомендуется с целью снижения энергоемкости дождевальной техники установить на ДМ «Фрегат» дополнительный трубопровод для привода ходового оборудования который позволит производить работу машины в режимах при пониженных давлениях;

2. Научно - исследовательским институтам при создании и исследовании дождевальной техники использовать разработанную гидравлическую модель, алгоритм и прикладную программу расчета нормы и сроков полива ДМ «Фрегат».

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Разработать автоматизированную систему управления низконапорной ДМ «Фрегат».

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдразаков, Ф.К. Повышение экологической эффективности орошения в Саратовском Заволжье на основе совершенствования дождевальная машины «Фрегат» [Текст] / Ф.К. Абдразаков, В.В.Васильев; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ».- Саратов, 2005.-116 с. ISBN 5-7011-0355-2.
2. Абдразаков, Ф. К. Усовершенствованная дождевальная машина «Фрегат» производит экологически безопасное орошение сельскохозяйственных культур [Текст] / Ф. К. Абдразаков, В. В. Васильев, М. А. Сехчин // Вестник СГАУ им. Н.И. Вавилова. - 2003. - № 4. - С. 62-65.
3. Алтшуль А.А., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика. - М.: Стройиздат, 1975. – С. 207.
4. Анализ рынка дождевальная и поливной техники в России в 2009-2014 гг. Прогноз на 2014-2018 г. // [http://businessstat.ru/russia/engineering/farm equipment/](http://businessstat.ru/russia/engineering/farm%20equipment/).
5. А.с. № 2001120298/13 РФ, МКИ А 01 G 25/16. Многофункциональная дождевальная машина [Текст] / Н.М. Кошкин, В.И. Ольгаренко, А.Н. Кошкин. – 4122267/30-15; заявл. 19.07.01; опубл. 27.09.03, Бюл. № 13.– 2 с.
6. А.с. № 2016104855, РФ, МКИ А 01 G 25/09. Многофункциональная дождевальная машина, патент [Текст] / Д.А. Колганов- 4122267/30-15; заявл. 19.07.17; опубл. 27.10.17, Бюл. № 13.– 2 с.
7. Балакай, Г. Т. Развитие мелиорации – основа стабилизации производства сельскохозяйственной продукции в России [Текст] / Г. Т. Балакай, // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. - 2011.- № 2. - С. 8-10.
8. Ведомственная целевая программа: «Развитие мелиоративных систем общего и индивидуального пользования в Саратовской области на 2012 – 2014 годы» // Министерство сельского хозяйства саратовской области. [http:// mcsx.ru/documents/document/v7 _show/ 22146.htm](http://mcsx.ru/documents/document/v7_show/22146.htm).
9. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных [Текст] / Г.В. Веденяпин. – Москва: Колос, 1973.

10. Винникова, Н.В. Совершенствование и опыт эксплуатации многоопорных широкозахватных дождевальных машин, работающих в движении [Текст] / Н.В. Винникова, А.А. Митрюхин, Л.А. Перевезенцев, Н.А. Беловол. – Москва: ЦБНТИ, 1985. – 88 с.
11. Винникова, Н.В. Технический уровень орошения дождеванием в США: обзор информ. [Текст] / Н.В. Винникова, В.П. Рыжонков. – Москва: ЦБНТИ Минводстроя СССР. Мелиорация и водное хоз-во. – 1989.
12. Водяников В. Т. Анализ динамики роста тарифов на электроэнергию [Текст] / Водяников В. Т.// Вестник Московского Государственного Агроинженерного университета имени В.П Горячкина. - 2012 год №3. С 7-10.
13. Гидравлическая модель работы модифицированной ДМ "Фрегат" с возможностью движения без полива. Затицацкий С.В., Колганов Д.А.,// Научное обозрение 2017 № 6. С.20-27.
14. ГОСТ 24059 – 80 Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технической оценки. Общие положения – Москва: Стандартинформ.
15. ГОСТ 27.002 – 89 Надежность в технике. Основные понятия, термины и определения – Москва: Стандартинформ.
16. Гусейн-заде, С.Х. Многоопорные дождевальные машины [Текст] / С.Х. Гусейн-заде, Л.А. Перевезенцев, В.И. Коваленко, Л.Г. Луцкий. – М.: Колос, 1984. – 191 с.
17. Гутер Р.С. Элементы численного анализа.
18. Гутер, Р.С. Элементы численного анализа и математической обработки результатов опытов [Текст] / Р.С. Гутер, Б.В. Овчинский. – Москва: Физматгиз, 1962.
19. Дементьев, В.Г. Орошение [Текст] / Дементьев, В.Г.– М.: Колос, 1979.–303 с.
20. Демин, А.П. Состояние орошаемых земель и эффективность их использования в регионах России [Текст] / А.П. Демин // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 5. – с. 7-10.
21. Джонсон, Н. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных / Пер. с англ. [Текст] / Н. Джонсон, Ф. Лион. – Москва: Мир, 1980.

22. Дождевальная машина «Фрегат» [Текст]: руководство по эксплуатации ДМ-00.000 РЭ – СССР. М.: изд. № ЛО-5884/3303 – 136 с.
23. Дождевальная насадка: Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ) № 138183, 11.26.2013 г. – патент на полезную модель.
24. Отчет организации ООО «Наше дело» за 2016 год. // <http://documents/document.ru>.
25. Данные организации Росстат. // http://mcx.ru/document_show/25438.
26. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения за 2015 год Москва. 62 с. <http://rosagroland.ru/monitoring/files/zeml2015.Pdf>.
27. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта [Текст] / Б.А. Доспехов – Москва: Колос, 1973. – 336 с.
28. Дульнев, В.В. Гидравлический расчет напорного трубопровода с равномерной раздачей воды вдоль пути [Текст] / В.В. Дульнев // Гидравлика и мелиорация. – 1973. № 1.- с. 42-45.
29. Дьяконов, В. Mathcad 2000: Учебный курс [Текст] / В. Дьяконов. – Санкт-Петербург: Питер, 2001.
30. Евсеев, Г.А. Эксплуатация дождевальных машин [Текст] / Г.А. Евсеев – Москва: Россельхозиздат, 1987. – 208 с.
31. Жидовинов, В.П. Вопросы повышения экономической эффективности эксплуатации оросительных систем [Текст] / Современные методы разработки и оценки технологии и технических средств полива / В.П. Жидовинов, А.А. Угрюмова. – М., ВНИИГ и М, 1986. – С. 117-123.
32. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв: Учебник – 3-е издание 312 испр. И доп.- М.: Изд-во МГУ, 2003.- 448 с.
33. Информационное письмо департамента мелиорации Министерства сельского хозяйства РФ, на запрос от 12.02.16 года. www.chamsa-urapivot-chamsa-ur-389753.htm 2016.
34. Использование полимерных труб для модернизации ДМ «Фрегат» и реконструкции оросительных систем // В. А. Шадских. ФГНУ «ВолжНИИГиМ» [http:](http://)

[//www.volgniigim.ru/index/mnogofunkcionalnaja](http://www.volgniigim.ru/index/mnogofunkcionalnaja)

[_dozhdevalnaja_mashina_quot_volga_sm_quot/0-176.](http://www.volgniigim.ru/index/mnogofunkcionalnaja_dozhdevalnaja_mashina_quot_volga_sm_quot/0-176)

35. Каталог фирмы <http://www.agroserver.ru/b/shirokozakhvatnye-dozhdevalnye-mashiny-chamsa-urapivot-chamsa-ur-381633.htm> 2016.
36. Каталог фирмы RKD <http://rkd.su/> 2016.
37. Ким А.И. Низконапорная дождевальная система [Текст] / А.И. Ким // Вестник КРСУ.- 2005. № 7.
38. Концепции федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014 – 2020 годы»
// http://mcx.ru/documents/document/v7_show/25438.htm.- С. 11-14
39. Косевич А. В. Особенности развития сельского хозяйства России в условиях глобализации мировой экономики [Текст] /А. В. Косевич, // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2016. - № 2.- С. 41-43.
40. Костин, И. С. Орошение в Поволжье [Текст] / И. С. Костин. – М.: Колос, 1971. – 223 с.
41. Кошкин, Н.М. К вопросу эксплуатации ДМ «Фрегат» в Саратовской области [Текст] / Н.М. Кошкин, И.А. Левушкин // Вестник СГАУ им. Н. И. Вавилова – Саратов, 2007. – № 2.- С. 24-26.
42. Кошкин, Н.М. Новые средства защиты ДМ «Фрегат» при проектировании участков орошения [Текст] / Н.М. Кошкин, И.А. Левушкин; ФГУП «НИПигипропромсельстрой». – Саратов, 2006. – С. 158-163.
43. Кошкин, Н.М. Новые технические средства аварийной защиты дождевальных машин «Фрегат» [Текст] / Кошкин Н.М. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2006. - №3.– С.31-35.
44. Кошкин, Н.М. Рекомендации для применения и эксплуатации комплекса технических средств аварийной защиты ДМ «Фрегат» [Текст] / Н.М. Кошкин, [и др.]. – Саратов: издат. Центр СГСЭУ, 2001, 24 с., 5 ил.

45. Соловьев Д.А., Колганов Д.А., Загоруйко М.Г., Елисеев М.С. Результаты создания и исследования работы модифицированной дождевальная машины «Фрегат», работающей в режимах при низких напорах. [Текст] //Аграрный научный журнал. № 2. 2017 г., с.69-67.
46. Колесников, Ф. И. Оценка существующей техники и перспективы ее развития / Ф. И. Колесников // Вестник сельскохозяйственных наук. – 1986. – № 12. – С. 71–73.
47. 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.
48. Корягин, А. Н. Техника орошения культурных пастбищ / А. Н. Корягин, В. Н. Данильченко. – М.: Колос, 1978. – 150 с.
49. Краковец, В. М. Справочник оператора «Фрегата» и «Волжанки» / В. М. Краковец, С. Н. Никулин. – М. : Колос, 1976. – 240 с.
50. Кузнецова Е.И. Можаяев, Е.Е. Мелиоративная и земельно-кадастровая оценка в АКП РФ: Учебно-методическое пособие. / Е.И. Кузнецова, Е.Е. Можаяев, // М.: ФГБОУ ВПО РГАЗУ, 2011. - 116 с.
51. Лебедев Б.М. “Дождевальные машины теория и конструкция“. – М.: Машиностроение 1965;
52. Левушкин И.А. Совершенствование технологических мероприятий и технических средств системы аварийной защиты дождевальной машины «Фрегат» автореф. дис, канд.тех. наук/ Левушкин Иван Александрович.-М.,2007.-159 с.
53. Лунев Д.В., Обручева Л.В., Национальная академия природоохранного и курортного строительства О целесообразности перевода дождевальных систем на низконапорный режим работы журнал Строительство и безопасность, выпуск 26 2008 год.
54. Материалы сайта Википедия // [https://ru.wikipedia.org/wiki/Саратовская область](https://ru.wikipedia.org/wiki/Саратовская_область). 2016 год.
55. Материалы сайта компании Lindsay: url: <http://www.lindsayrussia.com>

56. Мелиоративные машины Васильев Б.А. М.: Колос, 1980.- 351 с.
57. Мелиоративные и строительные машины Васильев Б.А. М.:Агропромиздат, 1985.- 224 с.
58. Машины и оборудования для строительных и мелиоративных работ: Учебник.- М.:2000г, 498 с. Коршиков А.А, Колганов А.В.
59. Медведев А.В. Импортозамещение – основополагающее направление развития сельхозмашиностроения в России [Текст] / Медведев А.В. // Международная научно-практическая конференция, аграрная наука как основа продовольственной безопасности региона. //ФГБОУ ВПО «ВГАУ». 200 с.
60. Рыжко Н.Ф. Обоснование ресурсосберегающего дождевания. // Вестник Саратовского Госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2014. – № 7. – С. 40–45.
61. Методические рекомендации по комплексным технологическим и техническим решениям, обеспечивающим снижение энергоемкости эксплуатации мелиоративных систем: научн. Издание. – Коломна: ИП Воробьев О.М., 2015. – 164 с.
62. Мировая и региональная статистика : <http://knoema.ru/atlas>
63. Мелиоративная энциклопедия. – Т. 1 (А-К). – М.: Росинформагро-тех, 2003. – С. 438.
64. Механизация полива [Текст]: справочник / Штепа Б.Г., Носенко В.Ф., Винникова Н.В. и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.ISBN 5-10-001424-5.
65. Нигматулин Б. И. Сравнение цены электроэнергии для промышленных потребителей в России и других странах. [Текст] / Нигматулин Б. И. //Журнал Инновации. – 2013 год № 2.- С. 33.
66. Никулин, С. Н. Ресурсосберегающие технологии орошения / С. Н. Никулин // Гидротехника и мелиорация. – 1991. – № 4. – С. 27–31.
67. Новые подходы в совершенствовании и разработке широкозахватных дождевальнх машин и оросительных систем; Кошкин Н.М., Соловьев Д.А., Колганов Д.А. Научная жизнь. 2016. № 6. С. 17-27.

68. 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.
69. Носенко, В. Ф. Оптимизация технологического процесса полива / В. Ф. Носенко // Экологически и экономически обоснованные технологии и технологические средства полива : сб. науч. тр. / ВНИИМиТП. – М., 1989. – С. 3–12.
70. Ольгаренко, Г.В. Сохранить парк дождевальных машин в Российской Федерации [Текст]/ Г.В. Ольгаренко, С.М. Давшан, С.С. Савушкин. // Мелиорация и водное хозяйство. - 2003. - №5. – С. 16-19.
71. 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.
72. 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.
73. Орошаемое земледелие: учебное пособие. / Е. И. Кузнецова, Е. Н. Закабунина, Ю.Ф. Снопич.: – М.: ФГБОУ ВПО РГАЗУ, 2012. – 117 с.
74. Орошение в Поволжье : Сборник научных трудов. ВолжНИИГИМ / ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова. – М. : ВНИИГИМ, 1981. – 133 с.
75. Орошение дождеванием: Учебное пособие /Ю.Б. Полетаев, К.Н. Криулин, М.Ю. Патрина; СПб. Гос. Политехн. Ун-т, 2003, 53 с.
76. Орошаемое земледелие: Учебное пособие / Кузнецова Е.И; - и доп.:ФГБОУ ВПО РГАЗУ, 2012.-117с.
77. «Полосовой дождеватель »: Федеральная служба по интеллектуальной собственности (РОСПАТЕНТ) № 156017 от 10. 07.2015г. – патент на полезную модель;
78. Приложение к гидротехнике <http://knoema.ru/atlas>.

79. Программа ЮНЕП, <http://www.unrussia.ru/ru/agencies/programma-organizatsii-obedinennykh-natsii-po-okruzhayushchei-srede-yunep>.
80. Рабочий план: Министерство сельского хозяйства РФ: ФГУ «Управление «Саратовмелиоводхоз». – Саратов, 2016. – 58 с.
81. Расчет режимов орошения сельскохозяйственных культур и проектных норм водопотребности / Методические рекомендации. – М.: ФГНУ «Росин-формагротех», 2012. – 152 С.
82. Результаты создания дождевальной машины «Фрегат», работающей в режимах при низких напорах; Аграрный научный журнал. 2017. № 2. С. 67-69.
83. Росстат анализ и статистика. Данные организации. <http://knoema.ru/atlas>.
84. Рыжко, Н.Ф. Совершенствование технических средств и технологии орошения в Поволжье. – Саратов: 2007. – 110 С.
85. Рыжко Н.Ф., Гуркин Е.И., Емельянов Ю.А. Оценка и расчет равномерности полива дождевальных аппаратов и дефлекторных насадок // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2009. – № 3. – С. 41–45.
86. Сапунков, А.П. Механизация полива дождеванием [Текст] / А.П. Сапунков. – Москва: Колос, 1984. – 271 с.
87. Сапунков, А.П. Использование дождевальной техники [Текст] / А.П. Сапунков. – Москва: Колос, 1981.
88. Самойлов, Н.Е. Дождевальная техника [Текст] / Н.Е. Самойлов и др. – Москва: Высшая школа, 2011. – 96 с.
89. Сайт Госкомстата (данные организации). <http://dscape.totalarch.com/node/23>.
90. Сенчуков, Г.А. Перспективы развития дождевальной техники [Текст] / Г.А. Сенчуков, В.В. Слабунов // Мелиорация и водное хозяйство. 2006. – № 6.–с. 27-28.
91. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: Элементы теории рабочих процессов, расчет регулировочных параметров и режимов работы. -2-е издание, перераб. и доп.- М.: Колос, 1980.- 671 с. Кленин Н.И., Сакун В.А.
92. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины // Г.Е. Листопад, Г.К. Демидов.: Под общей редакцией Г.Е.Листопад.-М.: Агропромиздат, 1986.-688 с., ил.- (Учебники и учебные пособия для высших учебных заведений).

93. Состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения за 2015 год: Доклад. Москва. 2015, 62 с. // <http://rosagroland.ru/monitoring/files/zeml2015>. - 2015. - С. 62.
94. Совершенствование технических средств орошения дождеванием. – Новочеркасск: ООО «Геликон», 2007. –110 с.
95. Способы и техника орошения <http://landscape.totalarch.com/node/238>, 2015 г.
96. 2. Справочник по гидравлике для мелиораторов/П.М. Степанов, И.Х. Овчаренко, Ю.А. Скобелицин. –М.: Колос, 1984. – 207 С.
97. Сташкина, А. Ф. Геоэкологическая угроза опустынивания ландшафтов зоны Присивашья Крымского полуострова [Текст] / А. Ф. Сташкина, // Вестник Харьковского национального аграрного университета им.В. В. Докучаева. – 2013. - С. 203-209.
98. Стандарт организации испытаний сельскохозяйственной техники: Машины и установки дождевальные. СТО АИСТ 11.1-2010. Дата введения – 2011–04–15.
99. Слабунов, В.В. Повышение эффективности полива путем совершенствования конструктивных параметров дождевателя консольного дальнеструйного фронтального: дис. канд. техн. наук: 06.01.02 [Текст] / 132.
100. Технический уровень отечественного и зарубежного оборудования, применяемого в мелиорации: Информационный сборник/ ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ». – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2011. – 215 с.
101. Фокин Б. П., Носов А.К.Современные проблемы применения многоопорных дождевальных машин [Текст] / Б.П. Фокин, А.К Носов // Научное издание.- Ставрополь, 2011.- С.80.
102. Черемисинов А.Ю. Бурлакин С.П. Ч 464 Сельскохозяйственные мелиорации: Учебное пособие. -Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГАУ, 2004.-247 с.
103. Щедрин В.Н. Колганов А.В. Оросительные системы России: от поколения к поколению. [Текст] /В.Н Щедрин, А.В Колганов. // Монография в 2ч. Новочеркасск: Геликон, 2013. -283с.
104. Шумаков, Б. Б. Орошение [Текст]: справочник / Б. Б. Шумаков. - М.: Агропромиздат, 1999. – 415 с.

105. Sonrell H. Zeitgemusse Beregnung Verringerung des Wasser – und Energienaufwandes bei mobilen Beregnung maschinen // Landtechnik. – 1991. – v. 46. – № 5. – S. 209-219.
106. Mirschel, W. Model zur Bestimmung, des mittleren Tropfendurchmess entlangdem Wurfradius bei Drehstabregnen. – Arch, Acker– u. Pflanzenbau u. Bodenkul. Berlin 28(1984) B.C. 313–321.
107. Frast, K. P., Schwalen, H. G. Sprinkler evaporation losges Agricultural Engineering, 1955, № 36.
108. Etudes sur L'irrigation par aspersion en region sahclienne (Tillabery – Republicuedu Niger) – Argon trop. 1973, 28, 9; 901–915 Орошение дождеванием в Нигерии.
109. Schafer, W., Koitzsch K. Wasserverluste durch Verdampfung während der Beregnung. – Arch. Aker- u. Pflannenbau und Bodenkultur. 1974, 18, 12: 881–886.
110. Kalnassy, H-G Bereguvugsaulagen Fregat DMU mit nevem avkerem Hydravlik schutz system [Текст] / Landtechnische Informationen Kondendienstzeit schrift. – 1985. -T.24.- №3. – С. 51-54.
111. Lionel R. Mechanized sprinkler irrigation [Текст] / R. Lionel // FAO, Rome. – 1982 / - 409 с.
112. Lysy M.–P.S. Spolenlivost zavlazovace fregat [Текст] / Vedecke prace Vyskomneho vstavu zavlahoveho hospoda istva u Bratislave/ 1985.- С. 91-102.
113. Vormelehert K.H. Planmabige vorbevgende Instandhaltvnd von Fregat – Bereguvngsmasehinen [Текст] / /Melioration and Landwirtschaftsbau/. 1984. -T.18. - №8. - С. 354-355. ISSN 0323-6277.
114. SantanaR. Исследование работы модифицированной дождевальнoй машины «Фрегат» [Текст]. (Куба) /R. Santana / Navarro. – С. 7-15. ISSN 0138-8487.
115. Garber, A. M. Polar Weave Composite Flywheels [Текст] / A.M. Garber. – In: Proc. Flywheel Technology Symp, 1985. – p. 89-90.
116. Keep sprinkler water youn put it «Colorado Rancher and Farmer», 1973г., p. 15-20.
117. Marezke J., Richter B. Traktion und Fahrdynamik bei allradangetriebenen PKW. ATZ, s. 11-12, 1986.
118. Miles D.L. Farming circles-Irrigation Age. 1973 r. 7. №6, p. 20-21, 48, 56.

119. Oehler, Th. Was lehren die hydraulischen Prüfungen von Drehstrahlregnern Verlag Wasser und Boden. // Shinke. Veb verlag Technik [Текст] / Th. Oehler. – 1998.
120. Okamura, S. Pozdeleni valikosti vodnich kapek v paprsku z postřikavače. Vodni hospodaritvi [Текст] / S. Okamura. – 1970. – № 8.
121. Okamura, S. Teoreticka studie o pohybu vadniho paprsku z postřikavače pri pusobeni větri. Vodni hospodaritvi [Текст] / S. Okamura. – 1970. – № 8.
122. Okamura, S. Teoreticka studie o vodnim paprskuz postřikavače v podminkačh bezvětri. Vodni hospodaritvi [Текст] / S. Okamura. – 1970. – № 7.
123. Schafer, W. Wasserverluste durh Verdaenstung Wahrend der Beregnung – Arch. Aker. – u Pflannenban und Bodenkd [Текст] / W. Schafer, K. Koitzsch. – 1974, 18, 12 : 881 – 886.
124. Richter R., Hoffmann B. Probleme des Einsatzen von Fahrzeugen auf landwirtschaftlich genutztem Boden. Agrartechnik, 1981, 31, № 9, 419 421.
125. Vormelehert K.H. Planmabige vorbevgende Instandhaltvnd von Fregat – Beregungmasehinen [Текст] / /Melioration and Landwirtschaftsbau/. 1984. -T.18. - №8. - C. 354-355. ISSN 0323-6277.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1. Анализ цен на импортную оросительную технику, 2016 г.

Модель	Производитель	Цена, (млн. руб.)
Шланговые дождеватели		
RKD	RKD, Испания	1,8
IR4/1	Ocmis irrigazione, Италия	1,9
ST15 100/400	Opti Rain, Италия	1,1
Фронтальные машины с захватом 800 м		
Valley 800м	Valmontirrigation, США	6,7
Pivot 800м	RM, Италия	8,5
Pivot 800м	RKD, Испания	6,4
Zimmatic 800м	Lindsay	7,2

Таблица 2 - Сравнительный анализ российской и зарубежной техники

Марка ДМ, фирма, страна производитель	ДШ-110 «АРОС», РФ, Волгоградский завод «ОРТЕХ»	BAUER серии RAINSTAR E21», Röh- ren- und Pumpenwerk BAUER Gesellschaft m.b.H
Перемещение и забор воды	Позиционная, поло- совая, с забором воды из гидрантов за- крытой сети	Позиционная, полосо- вая, с забором воды из гидрантов закрытой сети
Расход воды, л/с	10...20	9...25
Давление, МПа	0,7...0,9	0,45...1,1
Ширина захвата ДМ, м	60	75...110
Длинна захвата, м	400	400
Диаметр трубопровода, мм	110	110
Система привода	гидротурбина	гидротурбина
Система управления те- лежками	механическая	автоматизирован
Стоимость, руб	1 190 512	1 700 000
Состояние с производ- ством	Штучное	Серийное производство

Таблица 3 - Сравнительный анализ российской и зарубежной техники

Марка ДМ, фирма, страна производитель	«Ладога», РФ, ПО КМЗ «Радуга», г. Кропоткин, Промзона-7	«Valley», (Linear Dich Feed) Valmont.inc, 7002 North 288 Street Вэлли, Небраска, США
Перемещение и забор воды	фронтальный, с забором воды из гидрантов закрытой оросительной сети по длинным гибким шлангам	фронтальный, с забором воды из гидрантов закрытой оросительной сети по длинным ПНД шлангам
Расход воды, л/с	70	12-88
Давление, МПа	0,4	0,3-0,4
Ширина захвата ДМ, м	460	до 500
Конструкция ферменного каркаса	Трёхпоясная ферменная конструкция треугольного сечения верхний пояс – водопроводящий трубопровод	Трёх поясная ферменная конструкция треугольного сечения верхний пояс – водопроводящий трубопровод
Система привода тележек	По одному червячному редуктору на каждое колесо с приводом от главного мотор-редуктора	По одному червячному редуктору на каждое колесо с приводом от гл. мотор-редуктора
Система управления тележками	Автоматическая система управления электро-приводом	Автоматическая система управления электроприводом
Дождевой пояс	125 дождевальных насадок на коротких изогнутых патрубках	Насадки-распылители свисающие на длинных гибких шлангах
Системы повышения проходимости	В базовой комплектации в РФ не предусмотрено	Изменяемый размер шин от 279 до 429 мм; изменяемый привод тележек-3-х и 4-х колёсный.
Варианты исполнения трубопровода	Только оцинкованный	Оцинкованный; с гальванической парой;
Стоимость, руб (базовая модель 460 мет-ров, площадь орошения 60- 80 га)	4700000	6400000 (стоимость у дилеров в России, на заводе стоимость меньше на 20-30%)
Состояние с производством	Штучное (1-10 шт. в год)	Серийное производство

Таблица 4 - Наличие дождевальной техники Саратовской области на 01.03.15

Наименование зон и районов	Наличие дождевальной техники
Западная	
Аркадакский	0
Балашовский	1
Романовский	5
Ртищевский	0
Самойловский	10
Турковский	2
Центральная (пр)	
Аткарский	10
Екатериновский	0
Калининский	5
Петровский	4
Северная	
Баз. Карабулакский	10
Балтайский	5
Вольский	4
Воскресенский	3
Новобурасский	10
Хвалынский	3
Южная	
Лысогорский	17
Саратовский	15
Татищевский	0
Северная	
Балаковский	90
Духовницкий	4
Ивантеевский	50
Марксовский	650
Пугачевский	50
Центральная	
Ершовский	40
Краснокутский	35
Краснопартизанский	7
Ровенский	1
Советский	100
Федоровский	0
Энгельский	500
Юго-Восточная	
Дергачевский	7
Новоузенский	6
Перелюбский	50
Петерский	3
Итого:	1700

Таблица 5 - Приобретенное и смонтированное мелиоративное оборудование в Саратовской области на 2016 год

№ п/п	Наименование сельхозтоваропроизводителей	Введенная площадь, Га	Приобретено и смонтировано оборудование: - трубопроводы - дождевальные машины и установки - насосные станции - электросиловое оборудование
Новое строительство			
1	ИП Югай В.О. Краснокутский район	78	1. Установлена система капельного орошения на площади 78 га
2	ИП Эм Д.Л. Федоровский район	111	1. Установлена система капельного орошения на площади 111 га
3	ООО «Агрофирма «Рубеж» Пугачевский район	258	1. Установка 3-х дождевальных машин «Zimmatik»; 2. Укладка трубопровода D = 250 мм, L =1079, D=355 мм, L= 1261 м, D=450 мм, L=1586 м, всего уложено 3926 м.
Итого:		1007	
Реконструкция			
1	ИП глава КФХ Даниленко Д.С. Марксовский район	186	1. Установлены 2 системы капельного орошения на площади 90 га и 96 га; 2. Установлена дизельная передвижная НС ПСМ ДНУ 540/60; 3. Укладка полиэтиленового трубопровода 936 м
2	ООО ФХ «Деметра» Новобурасский район Саратовская область	102	1. Смонтирован полиэтиленовый трубопровод D=225 мм L=208 м 2. Установлены дождевальные машины «Zimmatik» -2шт;
3	ЗАО ПЗ «Мелиоратор» Марксовский район	466	1. Уложены полиэтиленовые трубопроводы D=400 мм L=600 м, D=315 мм L=2938 м; 2. Уложен стальной трубопровод D=400 мм L=429 м; 3. Установлены фитинги и фасонные изделия в количестве 11 штук; 4. Установлены дизель-генераторные установки Power-LinkWRS15-5 шт; 5. Смонтированы и установлены дождевальные машины «Zimmatik» - 5 шт.
4	ООО «Марина-Т» Краснокутский район	20	1. Установлена система капельного орошения на площади 20 га
5	ИП глава КФХ Шегай И.В. Советский район	120	1. Установлена система капельного орошения на площади 120 га

6	ИП Глава КФХ Цой А.В. Советский район	70	1. Установлена система капельного орошения на площади 70 га
7	ИП глава КФХ Ким Д.А. Ершовский район	180	1. Установлена система капельного орошения на площади 180 га
8	ИП гл. КФХ Черденченко Л.А. Марксовский район	30	1. Установлена система капельного орошения на площади 30 га
9	ЗАО ПЗ «Трудовой» Марксовский район	1046	1. Уложены полиэтиленовые трубопроводы D=355 мм L=6190 м, D=315 мм L=3887 м; 2. Уложен стальной трубопровод D=630 мм ;L=485 м; 3. Установлены фитинги и фасонные изделия в количестве 65 шт.
	Итого:	2220	
Техническое перевооружение			
1	ИП глава КФХ Аносов И.В. Лысогорский район	50	1. Установлено на насосные станции 2 двигателя Д-245. 12С-231М; 2. Установлены фитинги и комплектующие для подключения насосной станции
2	ИП глава КФХ Никишов А.А. Энгельсский район	12	1. Установлена система капельного орошения на площади 12 га;
3	ООО «ВИТ» Энгельсский район	40	1. Установлена система капельного орошения на площади 40 га
4	ИП глава КФХ Щеренко П.Ю. Энгельсский район	76	1. Укомплектован и смонтирован полиэтиленовый трубопровод 1352 м
5	ИП глава КФХ Гоферберг В.В. Лысогорский район	15	1. Установлена система капельного орошения на площади 15 га
6	ИП глава КФХ Панченко А.В. Самойловский район	15	1. Установлена система капельного орошения на площади 15 га
7	ИП глава КФХ Клещев В.Е. Энгельсский район	12	1. Установлена система капельного орошения на площади 12 га
8	ООО «Покровск Агро» Энгельсский район	40	1. Установлена система капельного орошения на площади 40 га; 2. Установлена круговая оросительная система TL с сезонным перемещением 430 м
9	ООО «Агррия» Энгельсский район	15	1. Установка системы капельного орошения на площади 15 га
10	ИП глава КФХ Лукьянов С.Н. Энгельсский район	16,5	1. Установлена система спринклерного орошения на площади 16,5 га
	Итого:	321,5	
	Всего:	3550	

Таблица 6 - Карта настройки дефлекторных насадок ДМ «Фрегат».

№ те- лежки	№ насадки	Днас (рек), мм	Днас(факт), мм	Расход воды, л/с
	1	5	4	0,14
	2	6	4	0,17
	3	6	4	0,2
1	4	6	4	0,23
	5	6	6	0,34
	6	6	6	0,37
2	7	6	6	0,4
	8	8	6	0,43
	9	8	6	0,47
3	10	8	6	0,5
	11	8	6	0,53
	12	8	6	0,57
4	13	8	6	0,6
	14	8	8	0,94
	15	8	8	0,98
5	16	8	8	1,02
	17	8	8	1,06
	18	8	8	1,10
6	19	8	8	1,04
	20	10	8	1,08
	21	10	8	1,12
7	22	10	8	1,17
	23	10	8	1,22
	24	10	8	1,27
8	25	10	8	1,32
	26	12	8	1,37
	27	12	8	1,42
9	28	12	8	1,47
	29	12	10	1,94
	30	12	10	2,01
10	31	12	10	2,06
	32	12	10	2,12
	33	12	10	2,18
11	34	12	10	2,24
	35	14	10	2,3
	36	14	10	2,36
12	37	14	10	2,47
	38	14	12	2,89
	39	14	12	2,95
13	40	14	12	3,01
	41	16	12	3,08
	42	16	12	3,14
14	43	16	12	3,2
	44	16	12	3,27
	45	16	12	3,29
15	46	16	12	3,31
	47	16	12	3,33
				73,7

Таблица 7. Материалы полевых исследований величины осадков по длине дождевальная машины (базовая модель) 8 июля 2015 г.

		07.08.14	07.08.14	Дата исследований
		14:20	18:30	Время проведения исследований
		7	6	Напор воды в начале трубопровода ДМ, атм
		5,8	5	Напор воды в конце трубопровода ДМ, атм
		4,0	3	Скорость движения ДМ, такт/мин
Номер осадкомера	Объем осадков, см ³			
	1	540	650	
2	460	520		
3	440	490		
4	370	520		
5	350	270		
6	520	360		
7	300	560		
8	350	590		
9	400	610		
10	400	320		
11	360	360		
12	410	640		
13	280	620		
14	510	440		
15	420	590		
16	420	620		
17	350	630		
18	605	690		
19	370	370		
20	440	440		
21	630	630		
22	560	670		
23	450	450		
24	595	680		
25	640	580		
26	520	520		
27	530	540		
28	540	490		
29	470	510		
30	460	460		
		79	78	Кэф. эффективного полива, %
		343	396	Средняя изм. норма полива, м ³ /га

Таблица 8. Полевых исследований величины осадков по длине дождевальной машины 9 июля 2015 г.

	07.09.14	07.09.14	07.09.14	Дата исследований
	10:00	12:20	18:00	Время проведения исследований
	6,8	6	4,4	Напор воды в начале трубопр., атм
	5,7	4,8	3,8	Напор воды в конце трубопр., атм
	3,5	2,5	2	Скорость движения ДМ, такт/мин
Номер осадкомера	Объем осадков, см ³			
1	400	460	470	
2	540	850	610	
3	510	940	530	
4	550	630	580	
5	510	680	600	
6	420	570	550	
7	450	630	670	
8	580	670	620	
9	570	570	650	
10	510	580	460	
11	200	310	410	
12	260	300	380	
13	370	310	370	
14	530	540	770	
15	290	430	600	
16	520	490	590	
17	450	510	640	
18	550	600	910	
19	360	480	610	
20	500	500	770	
21	530	530	730	
22	510	510	640	
23	290	490	680	
24	540	740	705	
25	460	660	680	
26	520	750	690	
27	500	560	720	
28	530	560	680	
29	470	660	670	
30	440	590	590	
	78	75	81	Коэф. эффективного полива, %
	347	429	466	Средняя изм. норма полива, м ³ /га

Таблица 9. Полевые исследования величины осадков по длине дождевальной машины 10 июля 2015 г.

	07.10.14	07.10.14	07.10.14	Дата исследований
	11:00	13:30	16:00	Время исследований
	6,4	5,5	4,5	Напор воды в начале трубопр., атм
	5,5	4,4	3,8	Напор воды в конце трубопр., атм
	3	3	2,5	Скорость движения ДМ, такт/мин
Номер осадко-мера	Объем осадков, см ³			
1	540	440	440	
2	715	640	730	
3	640	490	440	
4	460	600	535	
5	640	635	510	
6	615	640	565	
7	515	385	540	
8	620	555	565	
9	705	610	515	
10	900	560	825	
11	655	590	520	
12	320	150	310	
13	335	205	335	
14	635	585	540	
15	565	505	510	
16	545	365	500	
17	505	510	540	
18	730	630	730	
19	830	670	680	
20	750	650	660	
21	470	445	450	
22	580	580	730	
23	605	605	585	
24	600	570	550	
25	450	450	500	
26	915	600	600	
27	570	570	535	
28	505	505	600	
29	420	490	565	
30	460	430	620	
	76	76	80	Коеф. эффективного полива, %
	446	392	419	Средняя изм. норма полива, м ³ /га

Таблица 10. Полевые исследования величины осадков по длине дождевальной машины «Фрегат», модификации ДМУ-463-90.

	25.06.2015	10.07.2015	20.07.2015	Дата исследования
	17:00	12:00	15:00	Время проведения исследования
	6	7	5	Напор воды в начале трубопровода ДМ, атм
	4	5,5	3	Напор воды в конце трубопровода ДМ, атм
	4	3	4	Скорость движения ДМ, такт/мин.
Номер осадко-мера	Поливная норма м ³ /га			
1	113	496	681	
2	346	580	681	
3	587	381	257	
4	316	637	381	
5	425	363	280	
6	414	597	531	
7	451	469	280	
8	199	664	559	
9	274	212	266	
10	245	496	531	
11	406	248	266	
12	280	310	413	
13	280	0	259	
14	552	469	385	
15	312	283	218	
16	177	425	519	
17	238	257	316	
18	199	407	669	
19	594	381	391	
20	409	465	383	
21	301	336	293	
22	180	566	466	
23	293	381	106	
24	206	451	327	
25	315	381	345	
26	413	451	212	
27	263	381	381	
28	481	496	265	
29	458	385	142	
30	117	425	274	
31	177	372	301	
32	165	726	142	
33	109	478	257	
34	248	504	221	
35	354	327	212	
36	252	451	301	
37	248	354	274	
38	305	575	292	
39	327	407	204	
40	469	549	354	
41	619	487	354	
42	190	593	876	
43	226	451	354	

44	257	522	292
45	235	460	212
46	190	513	195
47	416	513	221
48	159	575	204
49	0	619	319
50	212	681	372
51	235	540	398
52	181		372
53	0	602	310
54	319	442	274
55	248	549	407
56	181	681	442
57	301	726	522
58	217	558	257
59	195	425	451
60	385	611	345
61	345	619	354
62	243	619	305
63	208	575	496
64	106	425	319
65	137	566	372
66	235	743	425
67	168	540	354
68	133	814	221
69	239	354	372
70	168	566	345
71	173	708	354
72	314	611	549
73	633	478	177
74	199	487	389
75	327	0	549
76	279	593	540
77	416	460	385
78	659	478	159
79	208	221	535
80	124	584	575
81	792	398	558
82	283	265	354
83	212	469	265
84	190	469	504
85	297		0
86	470		575
87	541		885
88	673		323
89	594		0

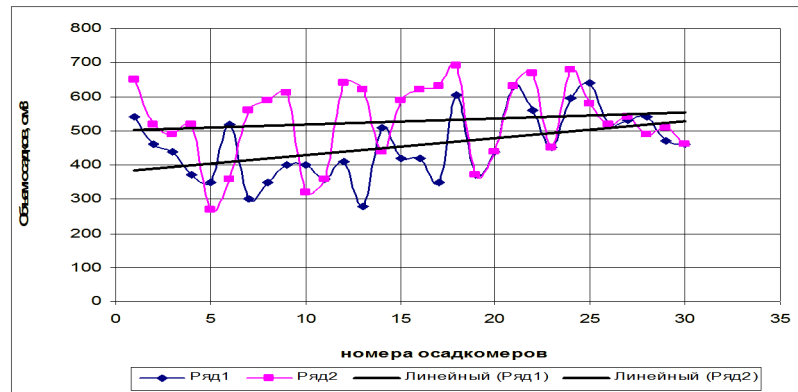


Рис. 1. Распределение осадков по длине ДМ. Опыты 1 июля 2016 г.

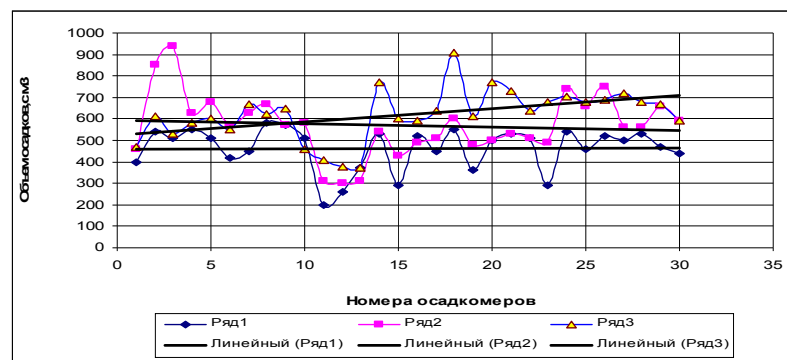


Рис. 2. Распределение осадков по длине ДМ. Опыты 2 июля 2016 г.

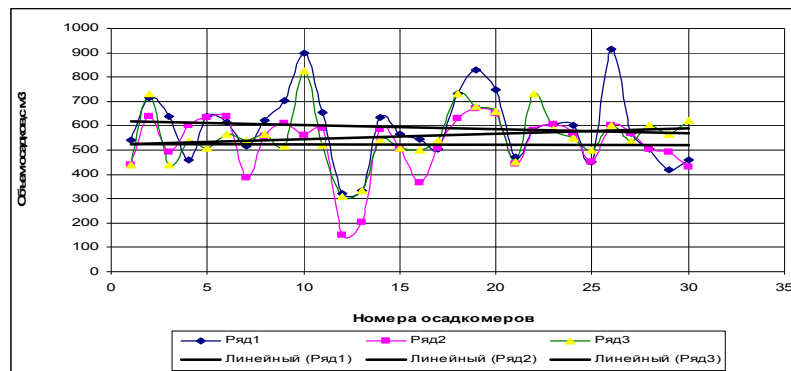


Рис. 3. Распределение осадков по длине ДМ. Опыты 3 июля 2016 г.

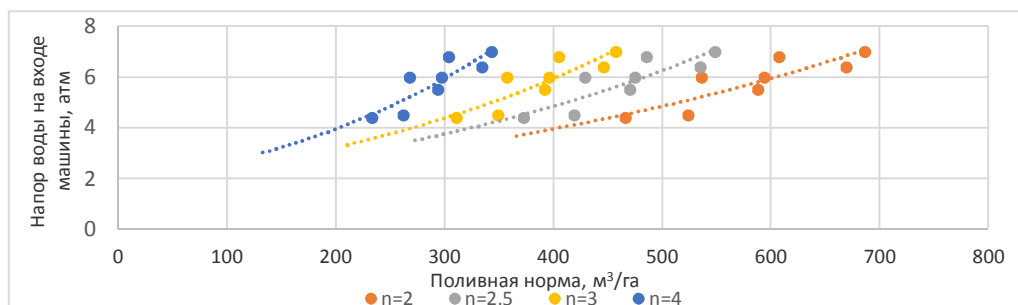


Рис 4. Графики зависимости величины поливной нормы ДМ «Фрегат» в зависимости от напора воды и от скорости движения.

Диплом конкурса научно-инновационных работ



Сертификат лауреата в номинации «За особые достижения в исследованиях проблем мелиорации»



Диплом конкурса научно-инновационных работ



Диплом конкурса Научный «Stund Up»



Патенты на изобретения и полезные модели

17.10.2017

Заявка на ИЗ №2016104855

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК
A01G 25/09 (2006.01)

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2016 104 855** ⁽¹³⁾ **A****(12) ЗАЯВКА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ**

Состояние делопроизводства: Экспертиза по существу завершена (последнее изменение статуса: 08.08.2017)

(21)(22) Заявка: 2016104855, 12.02.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 12.02.2016

(43) Дата публикации заявки: 18.08.2017 Бюл. № 23

Адрес для переписки:

443099, г. Самара, Максима Горького, 71,
кв. 4, Захаров Юрий Викторович

(71) Заявитель(и):

Карев Валерий Юрьевич (RU)

(72) Автор(ы):

Кошкин Николай Михайлович (RU),
Кошкин Александр Николаевич (RU),
Карев Валерий Юрьевич (RU),
Захаров Юрий Викторович (RU),
Колганов Дмитрий Александрович (RU),
Гриднев Владимир Васильевич (RU)

(54) МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА

Формула изобретения

Многофункциональная дождевальная машина, включающая неподвижную опору с неподвижной трубой и поворотным коленом, соединяющимся с трубопроводом машины через запорное устройство, дождевальные аппараты, самоходные тележки с гидроприводами и распределительными клапанами со сливными магистралями, при этом распределительные клапаны подключены к дополнительному трубопроводу, снабженному в его головной части гидроуправляемым клапаном, запорным органом с гидроприводом, управляемым исполнительным блоком гидрореле, а управляющий блок гидрореле связан с напорным трубопроводом через кран, фильтрующий элемент, сужающее устройство (дюза) трубкой внешней системы защиты, соединяющей последовательно исполнительные клапаны, выполненные в виде двух звеньев, и гидропривод гидроуправляемого клапана, сливные магистрали гидроприводов опорных тележек, снабженных насадками распыла рабочей жидкости для осуществления внекорневой подкормки растений, проведения обработки пестицидами и стимуляторами роста, поступающей из дозатора, выполненного в виде гидропривода, разделяющегося поршнем на верхнюю и нижнюю полость, нижняя полость которого подключена к дополнительному трубопроводу через обратный клапан и дозировочный кран, а верхняя - через гидроуправляемый двухходовой кран, кроме этого, нижняя полость имеет кран со штуцером для заправки маточным раствором, отличающаяся тем, что дополнительный трубопровод подключен к напорному трубопроводу до запорного органа с гидроприводом через гидроуправляемый клапан, а исполнительный блок гидрореле подключен к напорному трубопроводу отдельно от управляющего блока гидрореле через фильтрующий элемент и кран, при этом линия дополнительного трубопровода снабжена г-образным патрубком, расположенным и жестко закрепленным внутри неподвижной трубы, имеющим выход одного конца наружу в неподвижной трубе, обеспечивающего

17.10.2017

Заявка на ИЗ №2016104855

гидравлическую связь с напорным трубопроводом через кран, фильтрующий элемент и гидроуправляемый клапан, а выход другого конца, обеспечивающего связь с дополнительным трубопроводом и распределительными клапанами гидроприводов опор, осуществлен в стакан, жестко закрепленный на поверхности поворотного колена, причем стакан снабжен запрессованной в тело стакана и ограниченной в движении упорными кольцами втулкой, выполненной из второпластового материала, уплотняющим элементом, грандбуксой и прижимной крышкой.

Делопроизводство

Исходящая корреспонденция		Входящая корреспонденция	
Решение о выдаче патента	07.06.2017		
Отчет об информационном поиске	28.12.2016		
Уведомление об удовлетворении ходатайства	09.06.2016	Ходатайство о проведении экспертизы заявки по существу	12.02.2016
Уведомление о положительном результате формальной экспертизы	06.06.2016		
Уведомление о зачете пошлины	06.06.2016	Платежный документ	12.02.2016
Уведомление о поступлении документов заявки	12.02.2016		

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ
(51) МПК
A01G 25/00 (2006.01)

(19) **RU** (11) **166 617** (13) **U1****(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ**

Статус: действует (последнее изменение статуса: 10.12.2016)

(21)(22) Заявка: 2016116573/13, 28.04.2016(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.04.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 28.04.2016

(45) Опубликовано: 10.12.2016 Бюл. № 34

Адрес для переписки:

410012, г. Саратов, Театральная пл., 1,
ФГБОУ ВО "Саратовский государственный
аграрный университет имени Н.И.
Вавилова", патентный отдел

(72) Автор(ы):

Елисеев Михаил Семенович (RU),
Загоруйко Михаил Геннадьевич (RU),
Соловьев Дмитрий Александрович (RU),
Колганов Дмитрий Александрович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Саратовский
государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова" (RU)

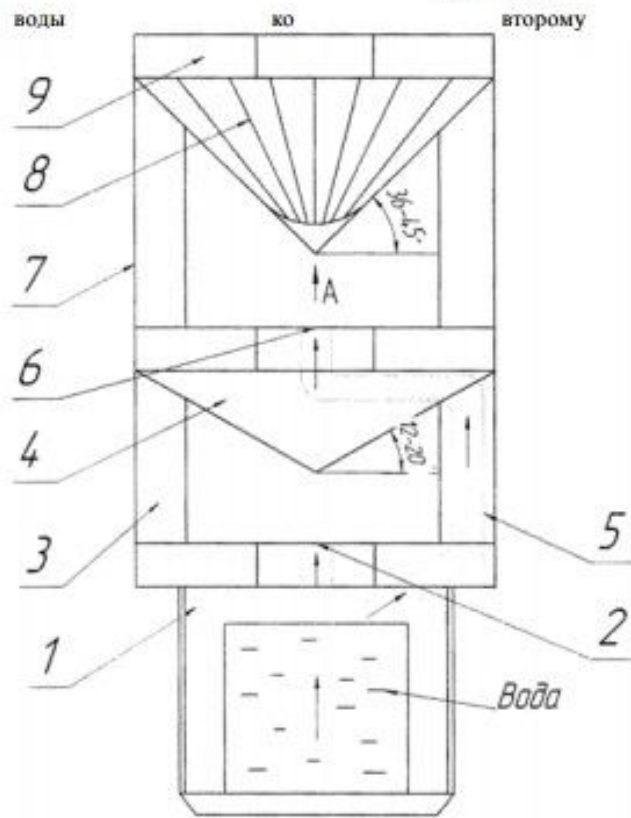
(54) ДОЖДЕВАЛЬНАЯ НАСАДКА

(57) Реферат:

Дождевальная насадка, включающая напорный трубопровод, сопло, дефлекторы, отличающаяся тем, что в конструкции используются два дефлектора в виде конусов, угол конусности первого дефлектора составляет 12-20 градусов, угол конусности второго дефлектора составляет 36-45 градусов, причем рабочая поверхность второго дефлектора имеет нарезные канавки треугольной формы, кроме того, в корпусе насадки имеется внутренний водопроводящий канал, позволяющий подавать поток

17.10.2017

ПМ №166617



дефлектору.

Фиг. 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 138183

ДОЖДЕВАЛЬНАЯ МАШИНА

Патентообладатель(ли): *Общество с ограниченной ответственностью "ЛандшафтСтройСервис" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2013152534

Приоритет полезной модели **26 ноября 2013 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **06 февраля 2014 г.**

Срок действия патента истекает **26 ноября 2023 г.**

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Б.П. Симонов



Сертификат «Научный стендап»



Документы, подтверждающие внедрение результатов работы

СОГЛАСОВАНО
Проректор по НИР
ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ

Воротников И.Л.

«14» марта 2017 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФГБУ «Управление
«Саратовмелиоводхоз»

Зайгралов Ю.А.

«15» марта 2017 г.

АКТ

о внедрении законченной
научно-исследовательской работы

Мы, ниже подписавшиеся, представитель ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» в лице руководителя НИР, декана факультета инженерии и природообустройства, д.т.н., доцента Соловьева Дмитрия Александровича и представителя Энгельского филиала ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» в лице директора Чуркиной Кристины Игоревны составили настоящий акт в том, что научно-исследовательская работа на тему: «Модернизация оросительных систем с разработкой, проектированием и внедрением новых технологий и создания отечественных технических средств в мелиорации на базе Энгельского филиала ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» выполнена в полном объеме в течение 2014-2017 гг.

По данной тематике выполнены следующие мероприятия:

- проведен анализ состояния оросительных систем Энгельского филиала ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз»;
- разработаны проекты реконструкции орошаемых участков, расположенных на землях УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ и ООО «Наше дело» с внедрением новых технологий и создания отечественных технических средств в мелиорации;

- теоретически обоснована и разработана усовершенствованная технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности с угнетением пней, образуемых после срезания кустарника и мелкоколосья;

- разработаны и внедрены 2 устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни. Эффективность внедрения обеспечивается улучшением биологического воздействия смеси на пни, сокращения её расхода, а также снижения загрязнения окружающей среды химическими препаратами;

- проведены экспериментальные исследования усовершенствованной технологии очистки каналов от растительности с проведением операций по локальному угнетению пней, остающихся после срезания кустарника и мелкоколосья;

- внедрение научных разработок позволило сократить полные энергозатраты по операциям очистки канала от древесно-кустарниковой растительности и пней на 41%. Экономия энергозатрат при выполнении операций очистки канала от древесно-кустарниковой растительности и пней была получена в размере 32314 МДж/га, что в денежном выражении составило 43961 руб./га;

- теоретически обоснована и разработана усовершенствованная дождевальная машина «Фрегат» с дополнительным трубопроводом, позволяющая проводить полив в режимах при низких давлениях;

- проведены экспериментальные исследования ДМ «Фрегат», которые позволили определить и сравнить рабочие характеристики серийной и усовершенствованной ДМ;

- внедрение усовершенствованной ДМ «Фрегат» с дополнительным трубопроводом на привод ходового оборудования обеспечило: проведение полива при рабочем давлении воды на входе в машину 0,3 - 0,7 МПа, при этом поливная норма машины равняется 200 - 900 м³/га; возможность работы ДМ при сниженных давлениях с экономией энергоресурсов до 36 %; повышение надежности работы закрытой оросительной сети; годовой экономический эффект 83,7 тыс. руб. на одну машину;

- разработаны и внедрены на базе оросительных систем Энгельсского филиала ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» 3 дождевальных машины Кубань-ЛК1М (КАСКАД) с использованием отечественных комплектующих (две машины в ООО «Наше дело» и одна в УНПО «Поволжье»). Эффективность внедрения обеспечивается повышением равномерности полива, мелкодисперсного дождевания, использования системы дистанционного мониторинга и управления, возможности работы на низких напорах и регулирования поливной нормы и др. Срок окупаемости разработок – в течение 2-3-х поливных сезонов (при использовании на с/х культурах – соя, кукуруза).

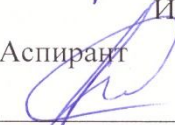
Научный руководитель
и ответственный исполнитель,
д-р техн. наук, доцент


_____ Соловьев Д.А.

Директор Энгельсского филиала
ФГБУ «Управление
«Саратовмелиоводхоз»


_____ Чуркина К.И.

Исполнители:

Аспирант

_____ /Анисимов С.А./

Аспирант

_____ /Колганов Д.А./

Аспирант

_____ /Кириченко А.В./

СОГЛАСОВАНО:

проректор по НИР
ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ

И.Л. Воротников

« 11 » апреля 2017 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ООО «Наше Дело»

С.В. Ботов

2017 г.

АКТ

**о внедрении законченной научно-исследовательской
и опытно-конструкторской работы**

Мы, ниже подписавшиеся, представители ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» в лице проректора по НИР Воротникова Игоря Леонидовича, научного руководителя НИР, декана факультета инженерии и природообустройства Соловьева Дмитрия Александровича и представители ООО «Наше Дело» в лице директора Ботова Сергея Васильевича, главного гидротехника Мещенкова Василия Николаевича, составили настоящий акт в том, что результаты научно-исследовательской работы по темам:

- «Комплексное исследование и совершенствование дождевальных машин «Фрегат» с целью обеспечения работы в режимах при низких напорах, а также совершенствования технологий и технических средств водоподдачи на орошаемые поля»;

- «Разработка проекта участка орошения и внедрение 2-х электрифицированных дождевальных машин кругового действия «Кубань-ЛК1М» (КАСКАД) с использованием отечественных технологий и комплектующих»;

выполненных ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ в 2015-2016 гг. внедрены на орошаемых землях в ООО «Наше Дело» (с. Ленинское Энгельсского района Саратовской области, Гагаринская оросительная система Энгельсского филиала ФГБУ «Управление Саратовмелиоводхоз») путем непосредственного использования результатов НИР.

В результате проведения НИР по данным темам были выполнены следующие работы:

- проведен анализ состояния водоподачи на орошаемые земли ООО «Наше дело», литературный и патентный поиск с учетом совершенствования эксплуатируемых дождевальных машин и разработки новых, работающих на низконапорных режимах;

- разработана гидравлическая модель расчета нормы и сроков полива ДМ «Фрегат» при снижении давления ниже паспортной величины, а также конструкция технического решения ДМ «Фрегат», обеспечивающее требуемые нормы и сроки поливов при низких напорах;

- проведены производственные исследования разработанной конструкции ДМ «Фрегат», обеспечивающей требуемые нормы и сроки полива при низких напорах;

- произведена разработка, изготовление, шеф-монтаж и пусконаладка 2-х дождевальных машин кругового действия ЭДМ «Кубань-ЛКІМ» (КАСКАД);

- проведены полевые экспериментальные исследования показателей качества полива разработанных машин на различных нормах полива с целью оценки всех характеристик машин, а также их работы в соответствии с методикой СТО АИСТ 11.1-2010;

- проведен литературный и патентный поиск, разработана конструкторская документация, проведен расчет основных элементов и узлов технических средств для угнетения пней при очистке оросительных каналов от кустарника и мелколесья;

- изготовлены опытные образцы технических средств для угнетения пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности на каналах, разработана программа и методика производственных испытаний, а также рекомендации (инструкции) по эффективной эксплуатации технических средств при проведении операций по угнетению пней;

- проведены полевые экспериментальные испытания опытных образцов технических средств для угнетения пней (устройство для локального внесения арборицидной смеси ЛВА-1 и устройство инъекционного типа) в производ-

ственных условиях при выполнении операций по очистке оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности с использованием стандартных и оригинальных методик, приборов и установок, на основе действующих ГОСТ.

От ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ

декан факультета инженерии и
природообустройства, д.т.н.

 /Соловьев Д.А. /

Аспирант

 /Колганов Д.А. /

Аспирант

 /Кириченко А.В. /

Аспирант

 /Анисимов С.А. /

От ООО «Наше дело»

Гл. гидротехник

 /Мещенков В.Н. /

Прикладная программа расчета норм и продолжительности полива ДМ «Фрегат» при снижении давления ниже паспортной величины

Excel spreadsheet showing irrigation calculation results for H79. The table includes columns for various parameters like flow rate, pressure, and duration, with rows for different irrigation zones (1-14) and individual plants within those zones.

Excel spreadsheet showing irrigation calculation results for H79. This table is similar to the one above but includes a detailed header section with specific input values for flow rate (4.00), pressure (0.057), and other parameters.

