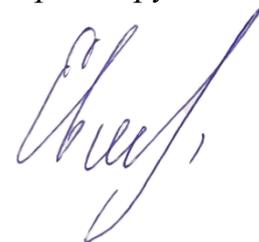


МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева»

На правах рукописи



ЕВСЕЕВ ЕВГЕНИЙ ЮРЬЕВИЧ

**РЕГУЛЯТОР РАСХОДА И РАССЕКАТЕЛЬ ДОЖДЕВАЛЬНОГО
АППАРАТА**

Специальность 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для
агропромышленного комплекса

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель: доктор
технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ
Рязанцев Анатолий Иванович

Рязань – 2024

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ	7
1.1. Анализ дождевальных машин для работы на склоновых участках	7
1.2. Краткий анализ технических решений повышения производительности многоопорных дождевальных машины при работе на склоновых участках	22
1.3. Анализ устройств регулирования расходно-напорных характеристик и распыла струи дождевальных аппаратов	31
Выводы по первой главе	41
1.4. Цель и задач исследования	42
ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА И РАССЕКАТЕЛЯ ДОЖДЕВАЛЬНОГО АППАРАТА ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ	43
2.1. Теоретические исследования дождевальной машины при работе на склоновых участках	43
2.2. Усовершенствование устройства по регулированию расхода дождевальных аппаратов ДМ «Кубань-ЛК1»	55
2.3. Обоснование способа установки рассекателя для регулирования площади распыла струи дождевального аппарата	64
Выводы по второй главе	69
ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ	70
3.1. Методика экспериментальных исследований регулятора расхода в лабораторных условиях	71
3.2. Методика экспериментальных исследований дождевального аппарата с рассекателем стержневого типа в лабораторных условиях	74
3.3 Методика экспериментальных исследований работы усовершенствованной дождевальной машины «Кубань-ЛК1»	78
Выводы по третьей главе	85

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА И ДОЖДЕВАЛЬНОГО АППАРАТА С РАССЕКATEЛЕМ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ.....	86
4.1 Результаты экспериментальных исследований регулятора расхода в лабораторных условиях	86
4.2. Результаты экспериментальных исследований дождевального аппарата с рассекателем в лабораторных условиях.....	89
4.3 Оценка качества полива усовершенствованной дождевальной машиной «Кубань-ЛК1»	92
4.4. Эксплуатационно-технологическая оценка работы усовершенствованной и серийной дождевальных машин в производственных условиях	97
Выводы по четвертой главе.....	100
ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ДМ.....	102
Выводы по пятой главе.....	108
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	109
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	110
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	129

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Снижение интенсивности подачи воды в концевой части многоопорной дождевальная машины (ДМ) возможно оснащением дождевальных аппаратов рассекателем струи и устройствами по регулированию расхода. Это обуславливает необходимость исследований, направленных на обоснование параметров устройств по регулированию расхода, а также распыла струи дождевальных аппаратов ДМ.

Степень разработанности темы. Значительный вклад в повышение эксплуатационных показателей ДМ кругового действия внесли многие ученые, такие как: Гаврилица А.А., Гусейн-заде С.Х., Журавлева Л.А., Лебедев Б.Н., Ольгаренко Г.В., Рыжко Н.Ф., Рязанцев А.И., Соловьев Д.А., Шепелев А.Е. и другие.

Исходя из отмеченного и общемировой тенденции необходимо проведение дальнейших исследований по разработке технических решений, направленных на увеличение равномерности полива.

Цель исследования: обоснование параметров регулятора расхода и рассекателя дождевального аппарата.

В соответствии с целью были поставлены следующие **задачи исследования:**

1. Обосновать параметры регулятора расхода и рассекателя дождевального аппарата ДМ.
2. Экспериментально уточнить параметры регулятора расхода и рассекателя дождевального аппарата ДМ.
3. Оценить экономический эффект от применения ДМ, оборудованной модернизированным регулятором расхода и рассекателем стержневого типа.

Объект исследования: регулятор расхода и рассекатель дождевального аппарата ДМ.

Предмет исследования: влияние параметров регулятора расхода и рассекателя дождевального аппарата ДМ на обеспечение заданной интенсивности подачи воды.

Научную новизну работы составляет обоснование параметров регулятора расхода и рассекателя дождевального аппарата ДМ.

Новизна технического решения подтверждена патентом Российской Федерации №217605.

Теоретическая значимость работы заключается в обосновании параметров регулятора расхода и рассекателя дождевального аппарата ДМ.

Практическая значимость работы заключается в получении обоснованных параметров регулятора расхода и рассекателя дождевального аппарата ДМ.

Методология и методы исследования. Проведены теоретические и экспериментальные исследования на основе положений гидравлики, теоретической механики, математики и математической статистики. Экспериментальные исследования проводились с применением существующих государственных стандартов на испытания ДМ и методов оценки сельскохозяйственной техники, а также методик, разработанных на их основе. В ходе экспериментальных исследований применялось сертифицированное, поверенное оборудование и результаты экспериментальных данных обрабатывались с помощью программ PTC MathCAD, Statistica 8 и Microsoft Excel 365.

Положения, выносимые на защиту: обоснованные параметры регулятора расхода и рассекателя дождевального аппарата ДМ.

Реализация результатов исследования. По результатам теоретических и экспериментальных исследований был усовершенствован узел регулирования подачи и распыла воды ДМ кругового действия. Результаты исследований внедрены в производственную деятельность сельскохозяйственного предприятия АО «Озеры», расположенного в Коломенском районе Московской области.

Степень достоверности результатов исследований. При проведении экспериментальных исследований использовались современные методики и измерительные приборы. Выводы подтверждаются сходимостью результатов экспериментальных и теоретических исследований (расхождение не превысило 3% при достоверной вероятности 95%). Основные положения диссертации прошли широкую апробацию в печати, на международных и всероссийских научно-практических конференциях.

Вклад автора в решение поставленных задач состоит, в определении цели и

задач исследований, в составлении программы и проведении теоретических и экспериментальных исследований, с последующей обработкой полученных результатов исследования по обоснованию параметров регулятора расхода и рассекателя дождевального аппарата ДМ, подготовке публикационных материалов к печати и их апробации на научно-исследовательских конференциях.

Апробация работы. Результаты работы были рассмотрены на конференциях:

1. I Национальная научно-практическая конференция с международным участием, посвящённая памяти доктора технических наук, профессора Н.В. Бышова «Развитие научно-ресурсного потенциала аграрного производства: приоритеты и технологии» (г. Рязань, 12 - 13 ноября 2019 г., ФГБОУ ВО РГАТУ им. П.А. Костычева).

2. Всероссийская научно-практическая конференция, посвящённой 83-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007) «Инженерные решения для АПК» (г. Рязань, 16 ноября 2022 года, ФГБОУ ВО РГАТУ им. П.А. Костычева).

Публикации. Основные положения диссертационной работы опубликованы в 24 работах, из них 2 статьи в журналах, рецензируемых ВАК и 1 патент на полезную модель. Общий объем публикаций составляет 12,89 печ. л., из которых 7,65 печ. л. принадлежат лично автору.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 147 наименований, приложений, изложена на 134 страницах, включает 58 рисунков и 7 таблиц.

ГЛАВА 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Анализ дождевальных машин для работы на склоновых участках

В странах входящих в Содружество Независимых Государств более 11 млн. гектаров пахоты, около 67 млн. гектаров пастбищ и горных полей, а также около 19,4 млн. гектаров земель остаются неиспользуемыми. Исходя из больших площадей указанных территорий, удельный вес сельскохозяйственной продукции составляет примерно 10 – 16% от общего объема. Это следствие малой производительности трудовых ресурсов, а также низкого уровня механизации сельхозработ, составляющим до 15%.

Осваивание указанных территорий, происходит, в большинстве случаев, отдельными участками, для которых характерны спокойный (уклоны от 0,001 до 0,01) и сложный (уклоны от 0,01 – 0,05) типы рельефов.

Площади горных и предгорных регионов, с общими уклонами 0,05 и более, с целью дальнейшего террасирования, оценивают по уровню сложности рельефа. Оценка данных территорий обуславливается степенью извилистости горизонталей, а также ряду признаков [55]:

- сложный рельеф – расчлененная территория, 50% и более которой, занято холмами и оврагами, глубина расчленения составляет более 200 м;
- средний рельеф – слабохолмистые площади, соединенные тальвегами и водоразделами, с уклонами более 0,05 и глубиной расчленения до 200 м;
- рельеф малой сложности – слабоволнистая площадь с общими уклонами до 0,05, глубина расчленения таких земель от 20 до 100 м, с неглубокими водоразделами и пологими склонами.

Согласно отчету подготовленному ВО «Союзводпроект», большая часть земель сельскохозяйственного назначения, обрабатываемые дождевальными машинами, в том числе машинами на базе «Кубань-ЛК1», имеют уклоны 0,02 и более и распределены по регионам РФ согласно диаграмме на рисунке 1.1.

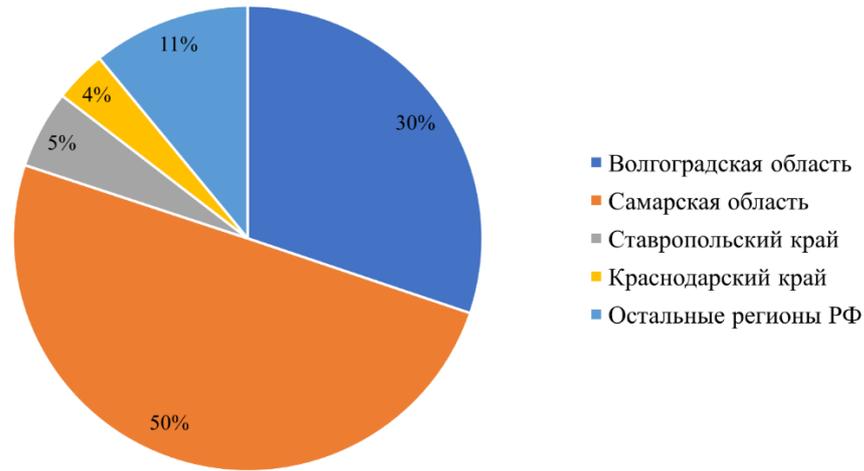


Рисунок 1.1 – Распределение земель со сложным рельефом по регионам РФ

На таких территориях, при их малой водопроницаемости, высокие показатели образования поверхностных стоков, за счет наклонной поверхности, и как следствие низкие значения досточковой поливной нормы в зоне движения сельскохозяйственной техники [6].

Согласно постановлению Правительства РФ от 14 мая 2021 г. №731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации», процесс модернизации дождевальных машин кругового действия, в частности ДМ «Кубань-ЛК1», в нашей стране, активно осуществляется, однако это развитие связано со сложной проблемой обработки склонов указанной техникой. Процесс обработки сложных по рельефу земель (уклоны 0,05 и более) сопровождается ирригационной эрозией почв, вследствие чего, на таких площадях образуется ливневая эрозия. В процессе полива сельскохозяйственных земель машинами кругового действия, интенсивность дождевальных аппаратов которых составляет 8 – 10 мм/мин, большая часть выданной нормы (от 50% до 75%) стекает по склону, что приводит к сносу большей части воды. По данным исследований, значения предполагаемого смыва почв, в регионах нашей страны, находится в диапазоне от 0,4 до 387 т/га в год [18, 27, 88, 111].

Следует отметить, что освоение и эффективное использование площадей со сложным рельефом обеспечит большое расширение угодий, а также позволит

увеличить объем производства сельскохозяйственной продукции. Исходя из этого, вопрос освоения склоновых площадей, а также оснащения хозяйств соответствующей дождевальная и другой сельскохозяйственной техникой, даст значительный экономический эффект.

Исходя из многообразия почвенно-рельефных и климатических условий при выращивании сельскохозяйственной продукции, возможно применение различных технических средств механизации процесса полива.

Обработка почвы способом дождевания, позволяет применять его на различных, по уклону, площадях, в том числе на площадях с уклонами до 0,05 и более [115].

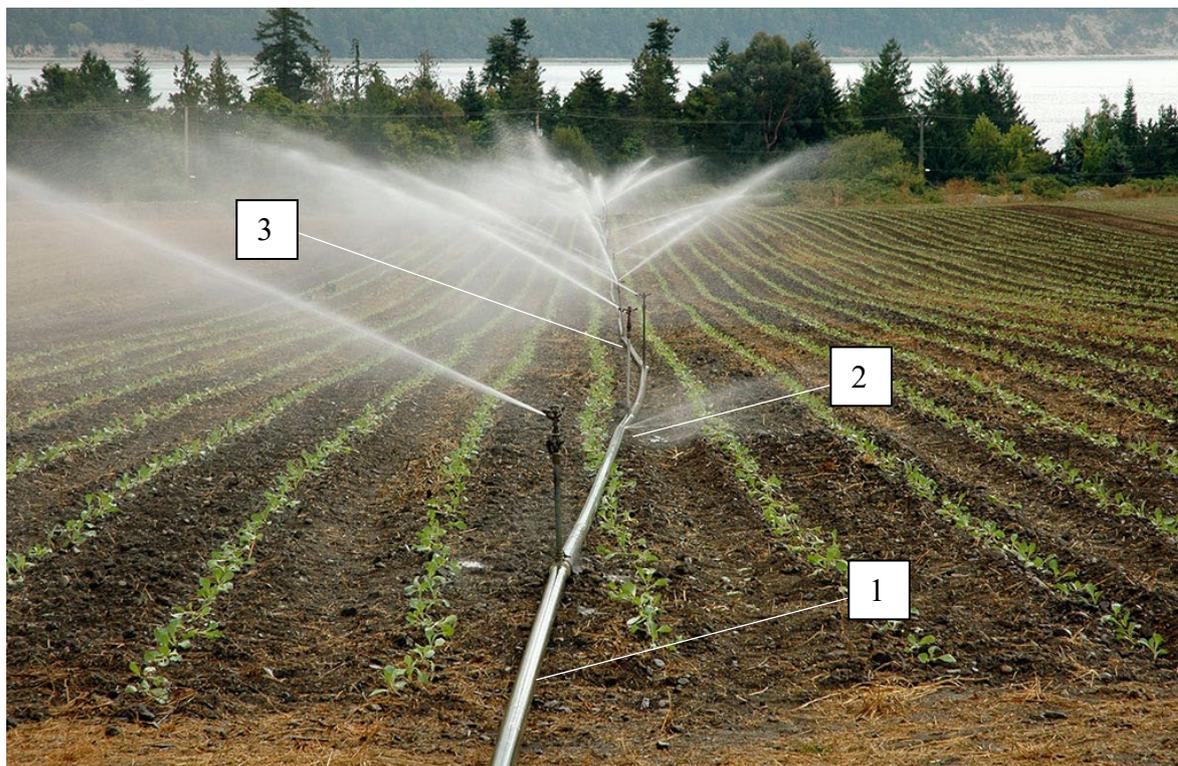
Для полива применяют технические системы, оборудованные ходовыми системами для механизированного передвижения. К таким системам можно отнести стационарные, полустационарные и передвижные дождевальные агрегаты.

В соответствии с технологическим процессом полива, дождевальную технику можно классифицировать по следующим типам:

- по принципу действия: работающие позиционно и в движении;
- по направлению движения: фронтального и кругового перемещения.

Рассмотрим характеристики дождевальных машин, для обработки сельскохозяйственной продукции на склоновых участках.

Для отмеченных целей известен модульный сборно-разборный комплект ирригационного оборудования КИ-50 «Радуга» (рисунок 1.2). Данный комплект применяется для обработки сельскохозяйственных культур на площади не более 50 гектаров. Работа осуществляется позиционно, радиус действия составляет до 30 метров, с забор воды из открытых источников. В состав комплекта входит насосная станция передвижного типа СНП – 50/80, среднеструйная дождевальная установка СНП – 50/80, а также один магистральный и два распределительных трубопровода; четыре дождевальных крыла с 16 среднеструйными аппаратами «Роса-3» с напором и расходом 30 м и 40 л/с соответственно. Производительность комплекта, за 1 час чистой работы, составляет 0,48 га.



1 – водопроводящий пояс, 2 – опорные стойки, 3 – дождевальные аппараты

Рисунок 1.2 – Комплект ирригационного оборудования КИ-50 «Радуга»

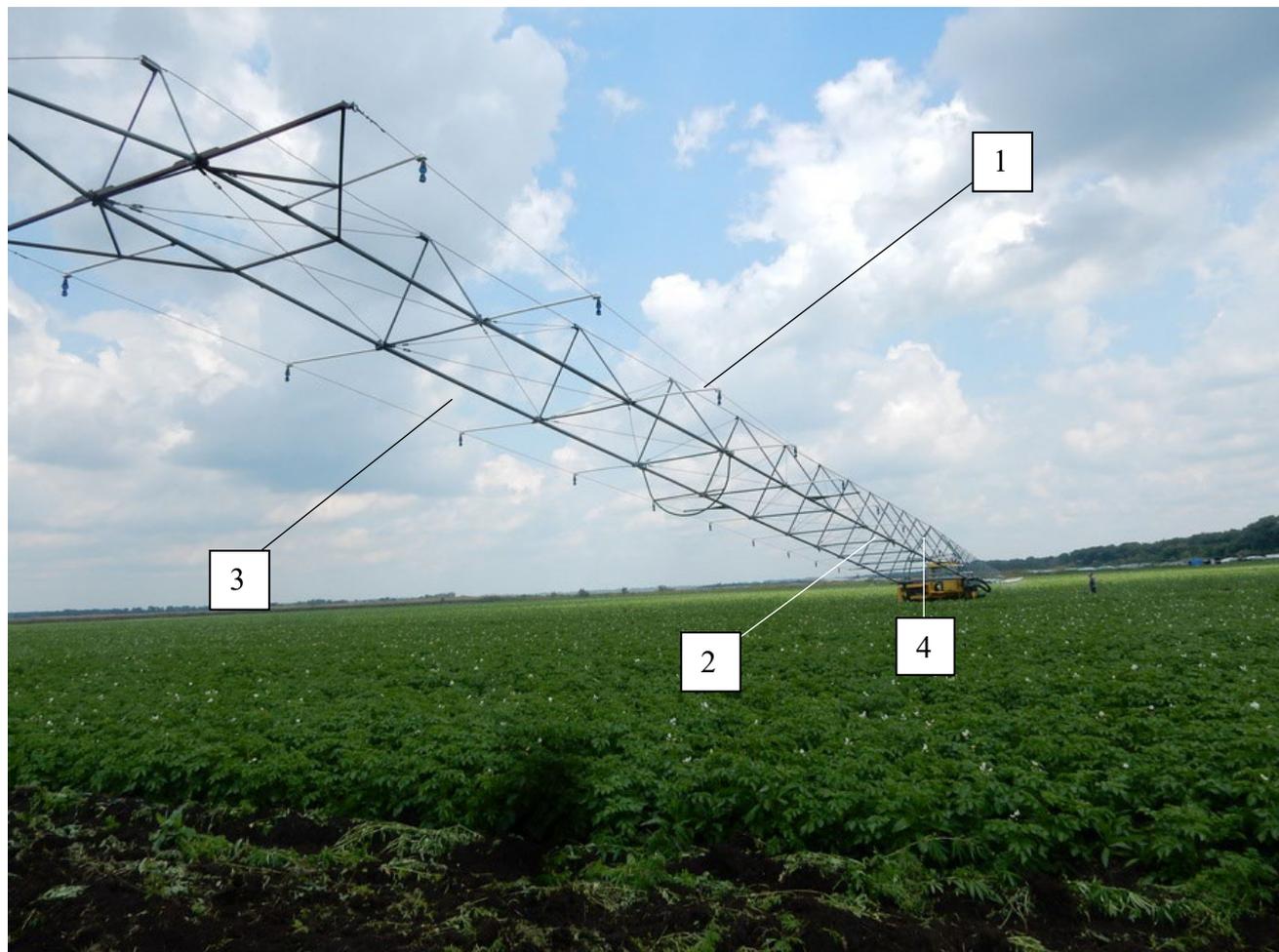
Насосная станция и водопроводящий трубопровод устанавливается стационарно один раз в начале сезона. Распределительные трубопроводы и дождевальные крылья с аппаратами перемещаются по полю по мере обработки участка. Площадь полива данным комплектом составляет до 2,5 га, а расстояние между дождевальными крыльями 36 м с общей длиной 126 м. Недостатком указанной установки являются значительные затраты труда при осуществлении процесса полива культуры, а также при смене позиции.

Для обработки больших площадей применяют двухконсольные дождевальные агрегаты, например, ДДА-100МА (рисунок 1.3) [66, 69, 70].

Указанная техника предназначена для обработки различных сельскохозяйственных культур. Забор воды осуществляется из открытых, а также закрытых оросительных источников, но при работе на сложных по рельефу участках, вода подается только из закрытых каналов.

Обработка почвы осуществляется следующим образом: дождевальный агрегат устанавливают около поставленной перемычки, расположенной вдоль оросительного канала. Всасывающий трубопровод полностью погружают в воду. После окончания

работы трактор проезжает вдоль канала ко второй перемычке (новая позиция), а первую перемычку снимают и устанавливают на третью позицию. Далее циклы повторяются.



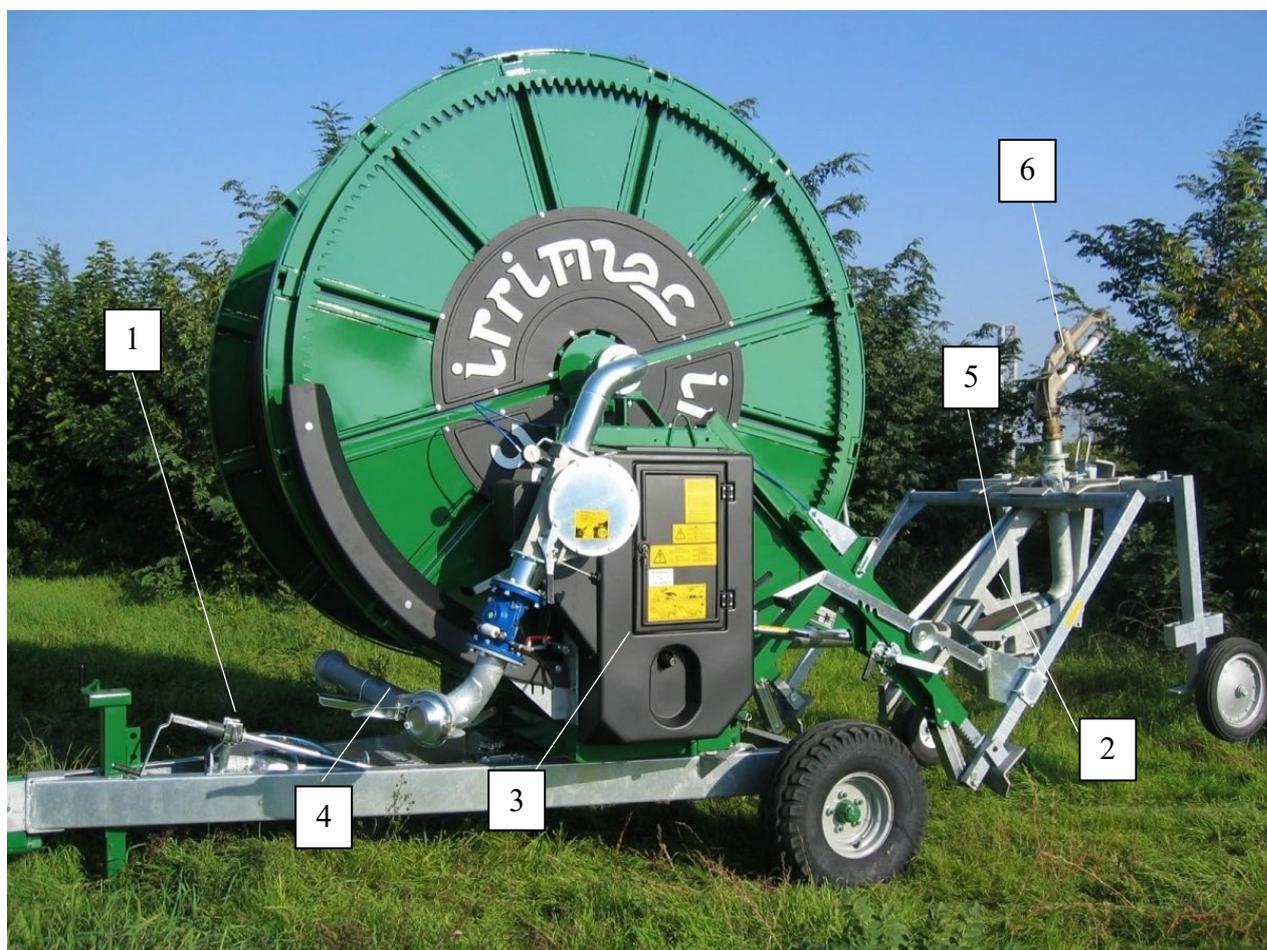
1 – консольный пролет; 2 – трактор; 3 – дождевальные насадки; 4 – насос.

Рисунок 1.3 – Дальнеструйная дождевальная машина ДДА-100МА

Однако, факел воды от дальнеструйных машин подвержен влиянию ветра, причем при скорости ветра более 2 м/с возможно резкое сокращение площади полива. Поэтому, при скорости ветра 1,5 м/с и более осуществляется обработка по секторам.

Стоит отметить, отрицательные факторы при использовании данной техники, к ним относят неравномерное распределение воды по поверхности, за счет влияния ветра, крупные капли с высокой интенсивностью полива, что, в конечном счете, приводит к эрозии почвы, высокие показатели энергоемкости применения по отношению к другим агрегатам, а также сильное влияния ветра на факел воды, применение данного типа машин невозможно в ряде районов [59].

В последнее время, набирает популярность использование дождевальных машин барабанного типа, например «Irrimes» (рисунок 1.4), «Odra 7528», «Агрос-32», «ДШ-90» и «ДШ-100».



1 – рама конструкции, 2 – направляющая, 3 – редуктор, 4 – турбина, 5 – каретка с регулировкой колесной базы, 6 – дождевальная аппаратура.

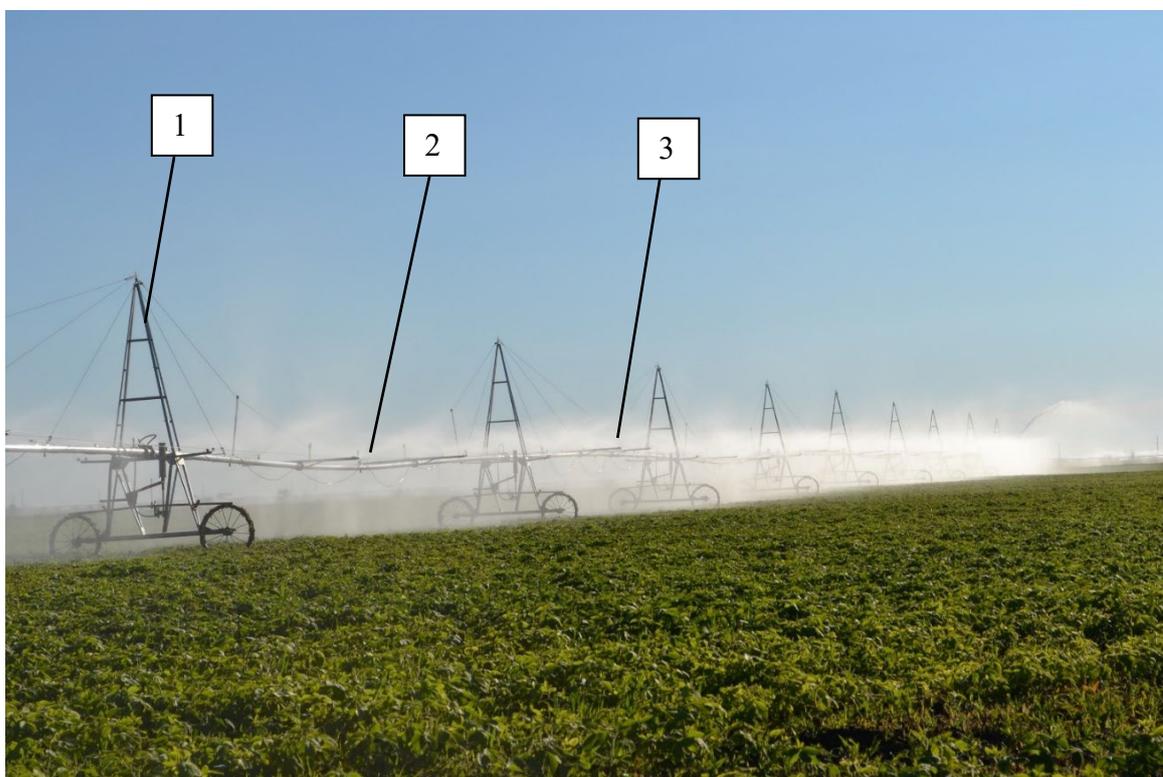
Рисунок 1.4 – Дождевальный агрегат барабанного типа марки «Irrimes»

Указанные машины, в своей конструкции имеют насосную установку с барабаном, для размотки и намотки полиэтиленового шланга, длина которого достигает до 30 м. Данная техника оснащается среднеструйными дождевальными аппаратами или короткоструйными насадками. Для транспортировки агрегат устанавливается на салазках или колесах [80].

При подготовке машины к работе, ее устанавливают на краю поля и подключают к гидранту. Затем разматывают полиэтиленовый трубопровод и с помощью трактора или вручную, перемещают вдоль обрабатываемого участка, с расположением машины в междурядье культур.

Для орошения больших по площади объемов культур применяют более производительные и автоматизированные дождевальные агрегаты. К таким машинам можно отнести отечественные ДМ кругового действия «Фрегат», «Кубань-ЛК1», ДМ «Каскад», а также машины зарубежного производства, такие как Zimmatic (США) и Reinke (США) [141, 142, 144].

Для полива сельскохозяйственных культур, включая высокостебельные, в 1970 году была осуществлена закупка лицензии на производство широкозахватных дождевальных машин «Фрегат» (рисунок 1.5), аналогом которой является дождевальная машина «Valley», производимая в США [58, 120, 143].



1 – самоходная тележка, 2 – водопроводящий пояс, 3 – дождевальный аппарат.

Рисунок 1.5 – Дождевальная машина «Фрегат» на склоновом участке

Для работы в условиях сложного рельефа серийно производилась ДМ «Фрегат» марки ДМУ-А, с диаметром труб водопроводящего трубопровода 152,4 мм с установленными, в трубопроводе, гибкими вставками.

Применение указанной модели дождевальной машины кругового действия показало, что данный тип машин имеет ряд преимуществ, а именно позволяет автоматизировать и механизировать процесс полива, обладает большим диапазоном поливных норм, а также обеспечивает экологическую безопасность полива.

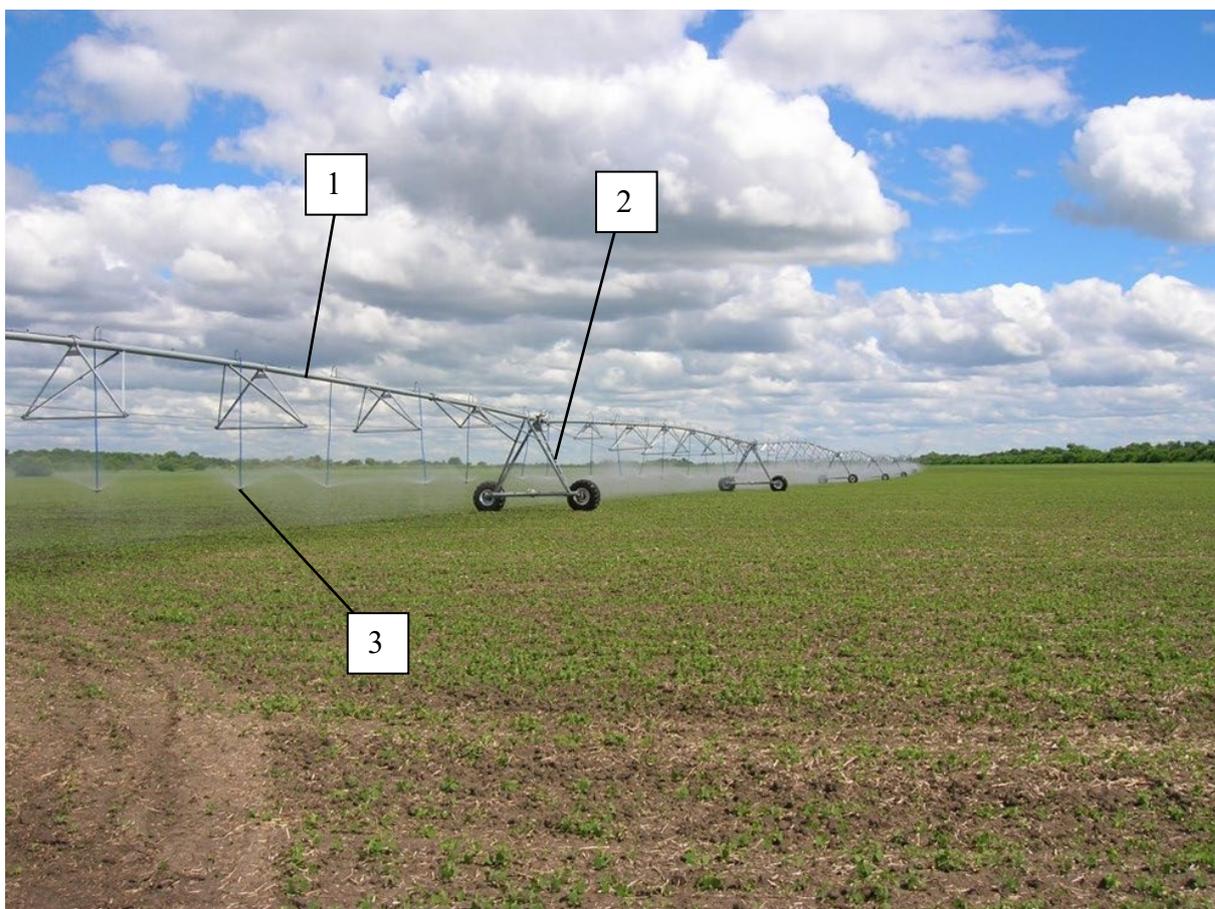
Трубопровод дождевальной машины «Фрегат» устанавливается на 16 самоходных тележках. Движение машины осуществляется вокруг неподвижной опоры, установленной в центре обрабатываемой площади. По длине водопроводящего пояса установлены среднеструйные дождевальные аппараты, а в консольной части машины – дальнеструйный, который осуществляет полив по кругу или по сектору. Забор воды осуществляется подключением к гидрантам закрытой оросительной сети, а также из открытых источников, посредством насоса. Ходовые системы машины оборудованы гидроприводом и системой автоматической синхронизации, обеспечивающей синхронное передвижение самоходных тележек.

Недостатком данной машины является высокая энергоемкость процесса полива и недостаточная его автоматизация [22].

Дальнейшее развитие дождевальной техники представляет модель ДМ «Каскад» (рисунок 1.6), разработанной Саратовским ГАУ имени Н.И. Вавилова совместно с компанией ООО «Мелиоративные машины» [16, 96]. Особенность ДМ «Каскад» состоит в усовершенствованной конструкции ферменной тележки, а также системе ее крепления. Длина пролетов, при этом, составляет 59,5 или 65,2 м с диаметром водопроводящего трубопровода 159 мм. Максимальное значение высоты пролетов ДМ «Каскад» составляет 48 м [39, 41, 99, 99, 110].

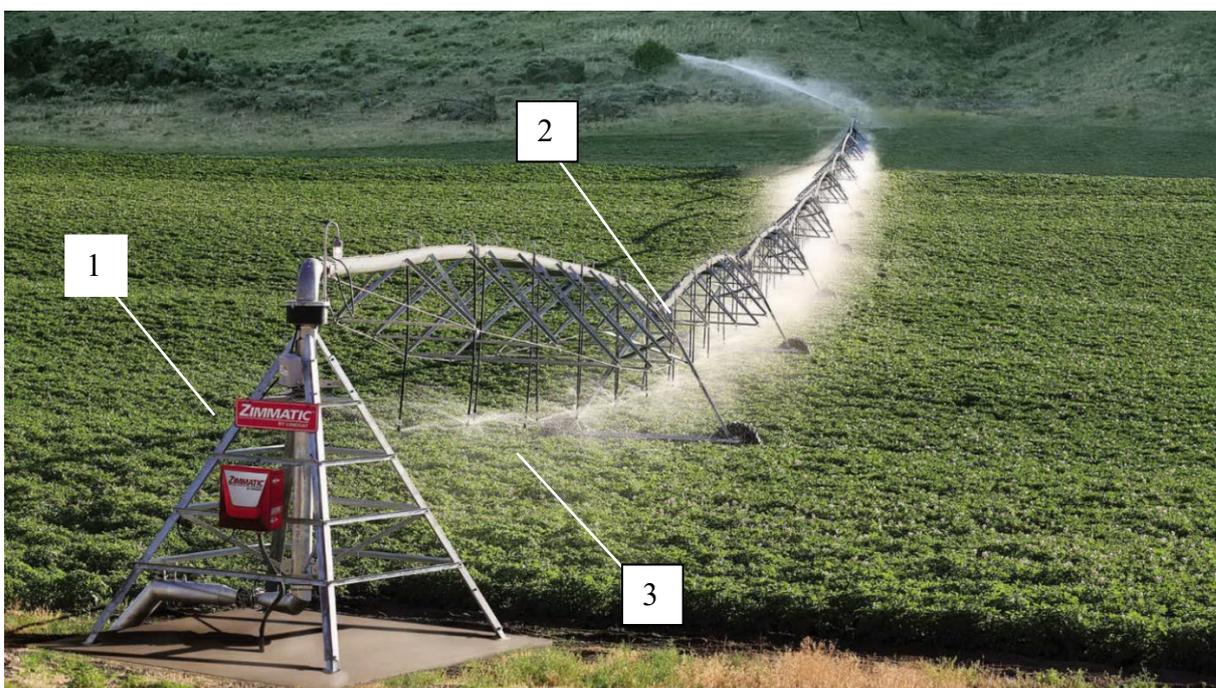
Применение указанной модели машины, устранившей недостатки представленных выше, ограничивается из-за повышенного буксования ходовых систем, при обработке склоновых площадей, вследствие повышенного лужеобразования вызванного склоновой поверхностью.

Представляют интерес не только машины отечественного производства, но также и зарубежные аналоги. На сегодняшний день компания Lindsay Manufacturing (США) выпускает электрифицированную многоопорную дождевальную машину кругового действия «Zimmatic» (рисунок 1.7). Машина выпускается различной длины до 800 м и диаметром труб до 254 мм. Для изготовления водопроводящего пояса используется оцинкованная сталь, алюминиевые трубы с полимерным покрытием [139, 140].



1 – водопроводящий трубопровод; 2 – самоходная тележка; 3 – дождевальные насадки

Рисунок 1.6 – Дождевальная машина «Каскад» (СГАУ им. Н.И. Вавилова)



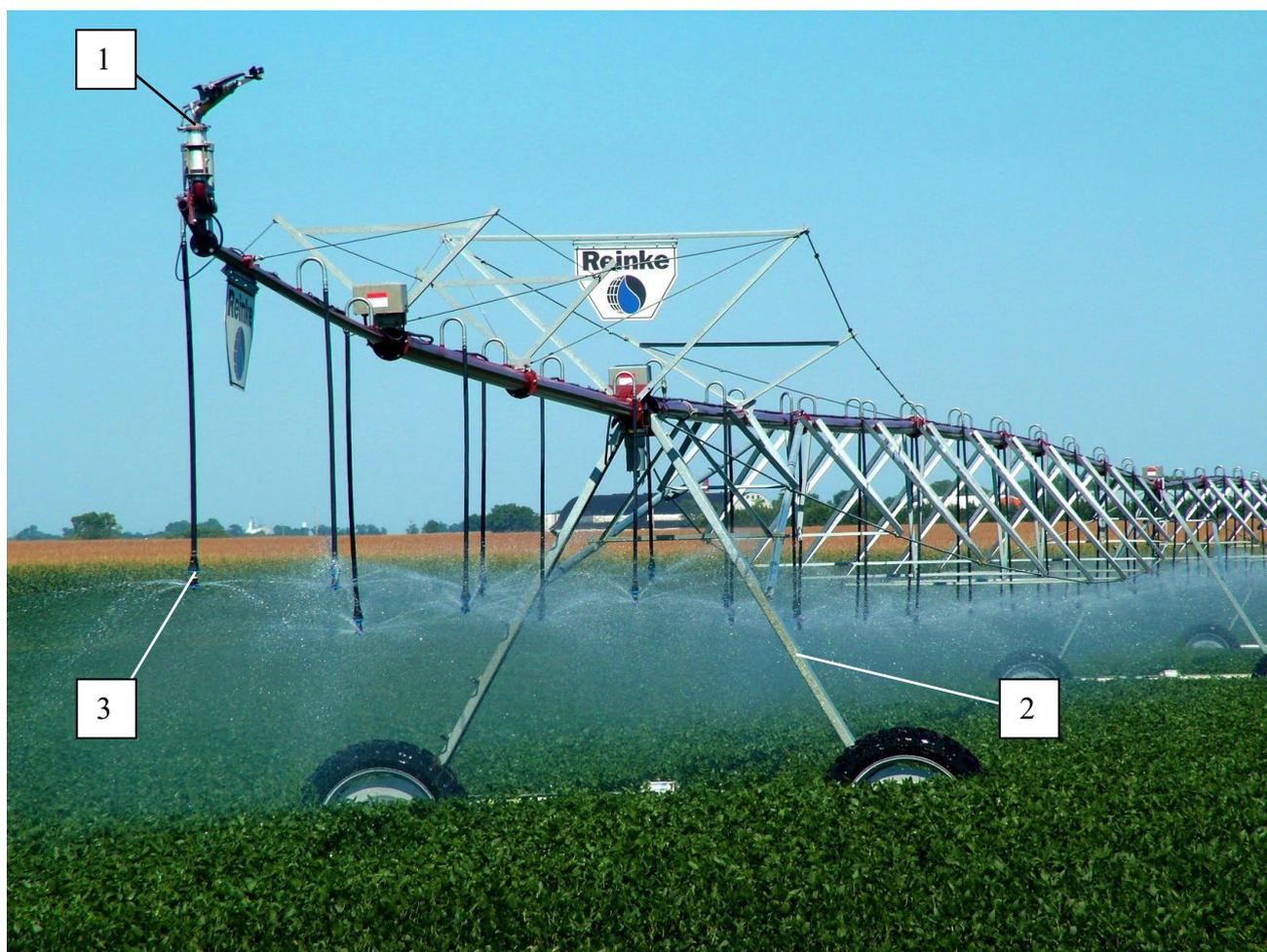
1 – неподвижная опора; 2 – центральный трубопровод; 3 – насадки

Рисунок 1.7 – Дождевальная машина «Zimmatic»

Также известны модели ДМ «Zimmatic» Z-II, для небольших по площади полей, с трубопроводом диаметром 114 мм клиренсом 3,2 м для обработки высокостебельных сельскохозяйственных культур. Существует модификация дождевальной машины с гидроприводом, представляющей собой однотолежечную машину для обработки полей до 3 га с напором воды 0,3 МПа [62, 146].

Недостатком дождевальной машины «Zimmatic» являются высокие показатели интенсивности дождя при обработке площадей с уклонами 0,05 и более, особенно в концевой части машины.

Наиболее востребованной у производителей сельскохозяйственных культур по всему миру является компания Reinke Manufacturing Company Inc (США). Самая известная и многочисленная по выпуску многоопорная дождевальная машина «Reinke» (рисунок 1.8).



1 – концевой дождевальный аппарат; 2 – самоходная тележка; 3 – дождеобразующие насадки

Рисунок 1.8 – Дождевальная машина «Reinke»

Машина предназначена для обработки сельскохозяйственных площадей от 2 до 80 га. Поливная норма регулируется от 200 до 400 м³/га. Движение ходовых систем осуществляется посредством электрического мотор-редуктора мощностью 0,75 л.с.

Достоинством конструкций указанной машины является использование С-образной профильной трубы при изготовлении арочного каркаса опорных самоходных тележек. Трубопровод выполняется из нержавеющей стали или алюминиевых сплавов.

Недостатком, при использовании указанной дождевальной машины кругового действия, являются низкие показатели несущей способности почвы при обработки склоновых площадей, что отрицательно сказывается на сменной производительности ее работы.

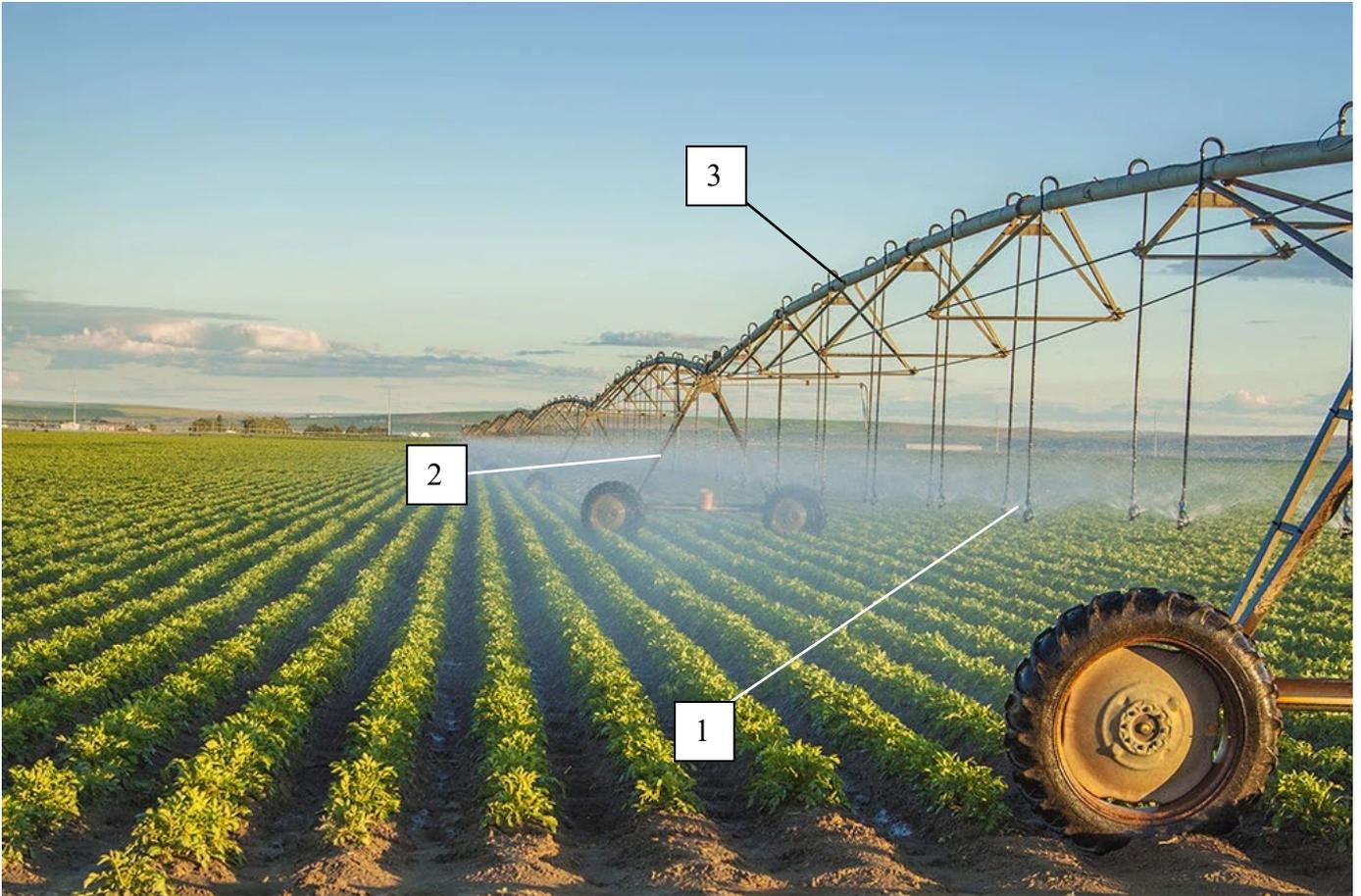
С целью исключения недостатков представленных дождевальных машин, в России, серийно производится многоопорная электрифицированная дождевальная машина кругового действия «Кубань-ЛК1», характеристики которой, отвечают показателям машин мирового уровня [61, 121, 137, 145].

Дождевальная машина «Кубань-ЛК1» (рисунок 1.9), работает вокруг неподвижной опоры. Её центральный трубопровод расположен на 10 самоходных тележках, общей длиной 474 метра (МДЭК-474-70), с синхронным движением. Данная техника может обрабатывать различные сельскохозяйственные культуры методом дождевания, при этом работая на любых почвах с общим уклоном до 0,05 и более. Забор воды осуществляется из закрытых оросительных каналов, а электропитание и управление обеспечивается от неподвижной опоры, установленной в центре обрабатываемого участка [3, 8, 20, 51, 78, 98, 93, 98, 138].

Дождевальная машина проста в обслуживании и надежна в работе за счет полной автоматизации процесса полива и установленной системы защиты. Возможно осуществление работы в круглосуточном режиме без привлечения оператора, за счет настройки управляющего блока осуществляется ее остановка в указанном сегменте обрабатываемого участка [79].

Машина состоит из самоходных тележек на пневматических шинах, их количество варьируется от 4 до 13 шт в зависимости от площади поля, на которые

опирается водопроводящий трубопровод фермовой конструкции. В центре круга установлена неподвижная опора, оборудованная поворотным коленом, через которую осуществляется забор воды и электроэнергии. С другой стороны трубопровода установлена консольная часть, поддерживаемая тросами.



1 – дождевальная насадка; 2 – тележка; 3 – водопроводящий пояс.

Рисунок 1.9 – Дождевальная машина кругового действия «Кубань-ЛК1»

Полив осуществляется низконапорными насадками, а также дождевальными аппаратами, установленными по длине проводящего трубопровода. В зависимости от расположения и количества насадок и аппаратов, обеспечиваются различные показатели по равномерности обработки, диаметру капель, а также интенсивности подачи воды.

Электроснабжение машины происходит от подстанции или дизель-генератора, по кабелю. Затем, через шкаф управления, осуществляется питание электроприводов тележек, те, в свою очередь, приводят в движение, посредством кардана, колесные редуктора, а затем и движители. Дополнительно, с помощью датчиков,

осуществляется мониторинг состояния и режима работы машины. Вся информация поступает на пульт управления оператора [101].

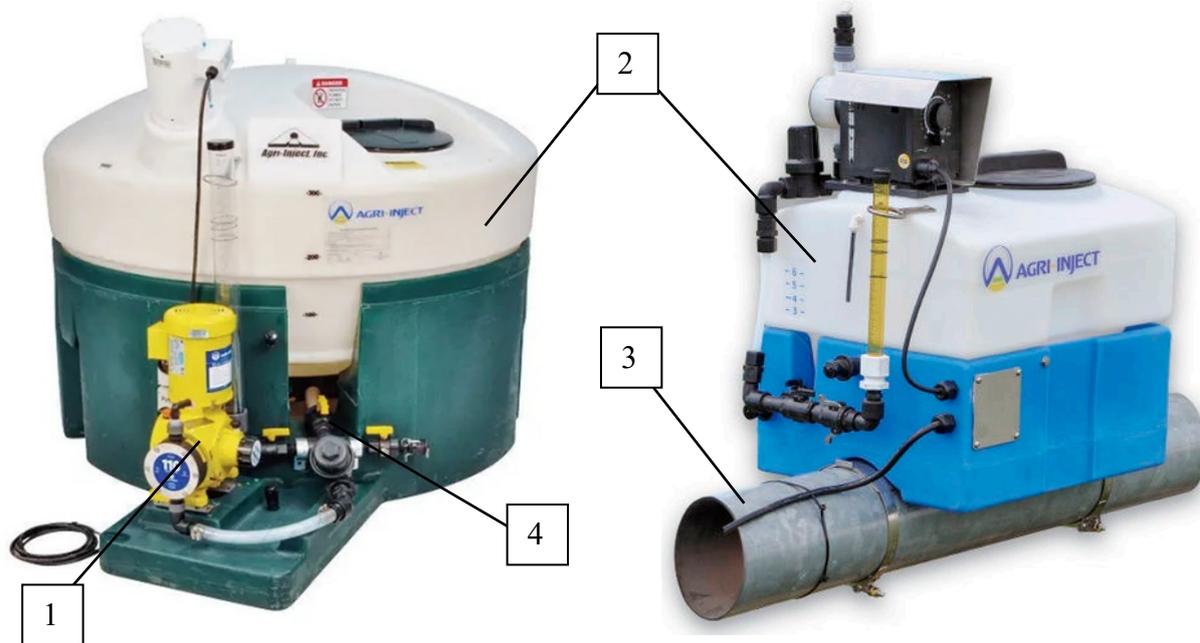
В сравнении с другими типами дождевальными машин, многоопорная дождевальная машина кругового действия «Кубань-ЛК1» обладает целым рядом преимуществ [147]:

- простота эксплуатации и обслуживания (визуальный осмотр перед осуществлением полива);
- высокое качество распределения и структуры факела дождя;
- полная автоматизация процесса работы, с высокой надежностью;
- дистанционное управление работы группы машин;
- возможность обратного хода без подачи воды в трубопровод машины (за счет использования цилиндрических редукторов);
- срок службы одной машины составляет до 12 – 14 лет;
- высокая производительность труда оператора (один человек обслуживает от 8 до 10 машин одновременно);

Эффективность применения указанной машины возрастает при использовании устройств внесения минеральных удобрений – гидроподкормщиков (рисунок 1.10). Агрегат для гидроподкормки выполняет две основные функции – это смешивание удобрений с поливной водой и дозированное внесение полученного раствора в трубопровод дождевальной машины. Место установки гидроподкормщика зависит от типа дождевальной техники. При использовании широкозахватных дождевальных машин агрегат гидроподкормки устанавливается возле неподвижной опоры, а удобрительный раствор вносится в центральный трубопровод ДМ безступенчатым способом. Агрегат состоит из накопительной емкости, систем автоматизированного управления дозировкой и рециркуляционного насоса с обратным клапаном. При установке на ДМ типа «Кубань-ЛК1» электропитание осуществляется от сети дизель-генератора 380 В.

Однако, при использовании гидроподкормщиков основным затруднением, возникающим при использовании жидких минеральных удобрений, является их коррозионная активность при взаимодействии с углеродистыми или

малолегированными сталями. Поэтому при разработке технологии подкормки сельскохозяйственных культур, посредством использования гидроподкормщиков, остается подбор удобрительного комплекса исходя из производительной работы дождевальных машин.



1 – насос дозатор; 2 – емкость; 3 – трубопровод; 4 – обратный клапан.

а

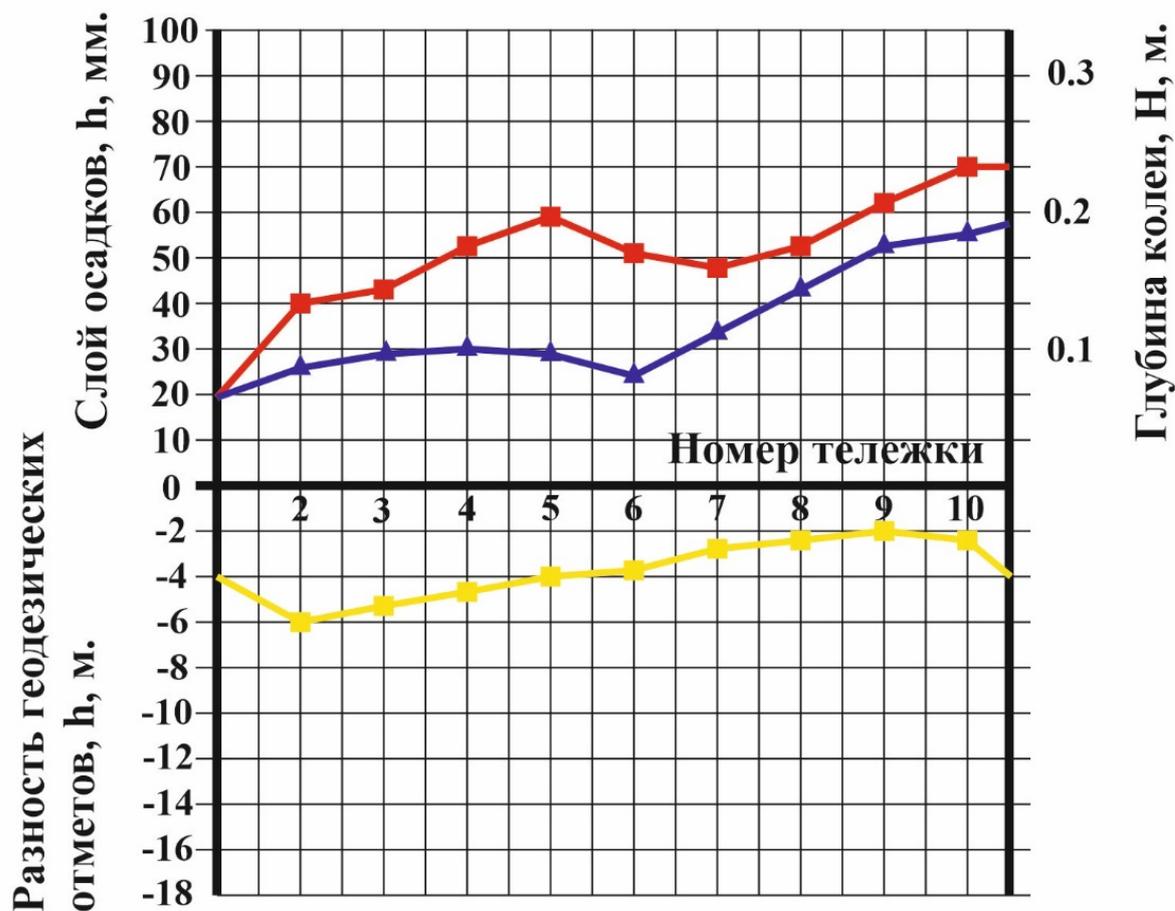
б

а – с установкой возле неподвижной опоры; б – с установкой на центральном водопроводе

Рисунок 1.10 – Гидроподкормщики фирмы Agri-Inject

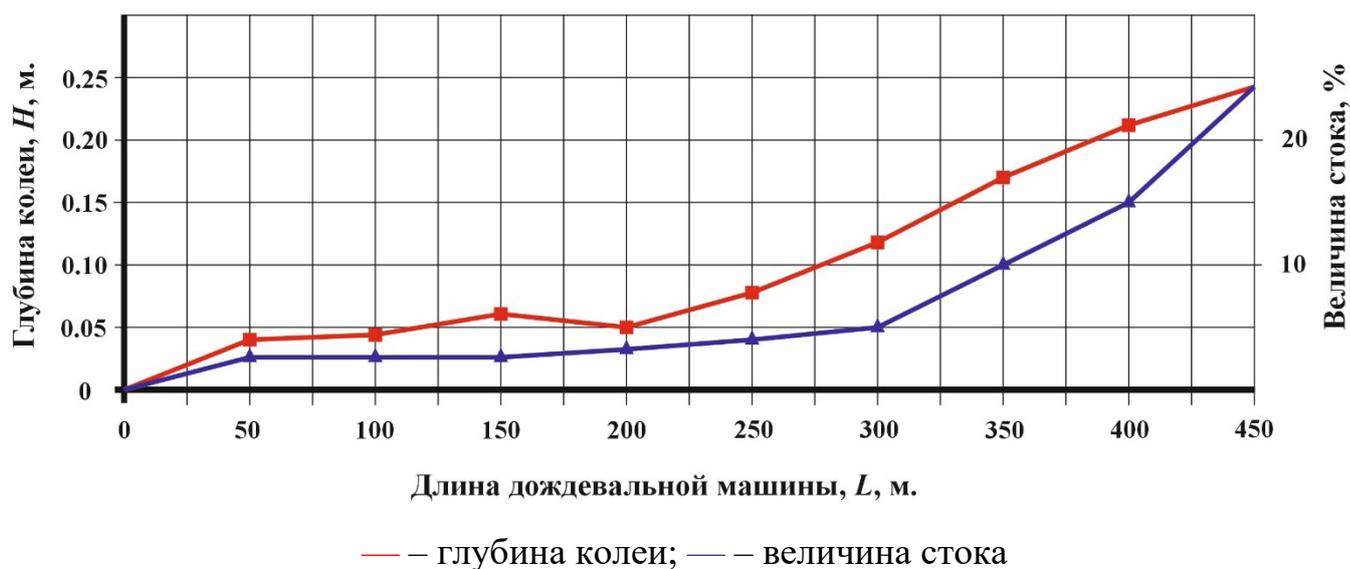
В процессе работы дождевальная машина кругового действия «Кубань-ЛК1», в соответствии с технологией полива, равномерно распределяет слой осадков по всей площади, однако это не всегда возможно при работе на склоновых площадях, что подтверждается опытом эксплуатации машины в условиях Ставропольского края, Волгоградской и Московской областей, Саратовской области, Республики Молдова, и других регионов.

Анализируя графики (рисунок 1.11, 1.12) по распределению слоя осадков под дождевальной машиной Кубань-ЛК1, можно увидеть снижение коэффициента эффективного полива, на площадях в Ставропольском крае и Республике Молдова, до 0,60, что связано со сложностями рельефа [105].



— слой осадков; — глубина колеи; — разность геодезических высот

Рисунок 1.11 – Зависимость равномерности распределения слоя по длине машины от глубины колеи ее ходовых систем



— глубина колеи; — величина стока

Рисунок 1.12 – Зависимость глубины колеи ходовых систем от величины стока по длине дождевальная машины

Снижение коэффициента эффективного полива, в первую очередь связано с высокими значениями колебаний расхода воды, которые достигают $\pm 50\%$, из-за разности высот самоходных тележек относительно неподвижной опоры. Существенная разница по расходу в концевой части машины, снижает равномерность распределения слоя осадков, что приводит к образованию стоков, в зоне движения самоходных тележек, с 5 – 7% (ровный рельеф) до 30 – 40%. В конечном счете, образование повышенных стоков в районе последней тележки дождевальной машины уменьшает досточковую поливную норму и, соответственно, общую производительность работы машины [48].

Отмеченное в ряде случаев, вызывает интенсивное буксование особенно последней тележки, и, как следствие ее остановку, обуславливающее изгиб трубопровода машины и срабатывание аварийной защиты, ведущей, в среднем, к 8 – 10-часовому простоя, из-за проведения дополнительных пуско-наладочных работ. При этом коэффициент эксплуатационной надежности при 4-ех – 6-ти остановках дождевальной машины снижается с 0,8 – 0,85 до 0,6 – 0,7, и на такой же порядок – ее производительность.

1.2. Краткий анализ технических решений повышения производительности многоопорных дождевальных машины при работе на склоновых участках

Условие достаточной проходимости, а соответственно, производительности самоходных тележек дождевальной машины «Кубань-ЛК1» определяется соответствием давления q ее ходовых систем несущей способности обрабатываемой поверхности P_0 , т.е.: [10, 33, 104, 106, 107].

$$q \leq P_0 \quad (1.1)$$

Исходя из мировой тенденции, разработки, направленные на повышение опорно-сцепных свойств, из-за увеличенной материалоемкости и сложности конструкции не получили дальнейшего развития. В зарубежных и отечественных источниках большее значение и интерес имеют технические решения по повышению несущих свойств почвенной поверхности в зоне работы самоходных тележек ДМ.

Наиболее простым способом обеспечения высоких показателей по прочности опорной поверхности является ее бетонирование (асфальтирование) или подсыпка щебня. Такие способы применялись в странах Северной Америки и Германии. Дальнейшее распространение данного способа затруднено. Это связано со значительными затратами при реализации метода, снижении коэффициента земельного использования (появление широких траекторий движения для ходовых систем), а также возникшими проблемами для прохода остальной сельскохозяйственной техники [124].

Для снижения эффекта от отрицательных факторов указанного метода, в США производят кольцевую вспашку и образуют концентрические валики в колее под ходовыми системами машин. Данный способ был успешно применен в округе Кит Карсон (штат Колорадо). Уборочная техника, при применении данного способа, должна работать по круговой схеме.

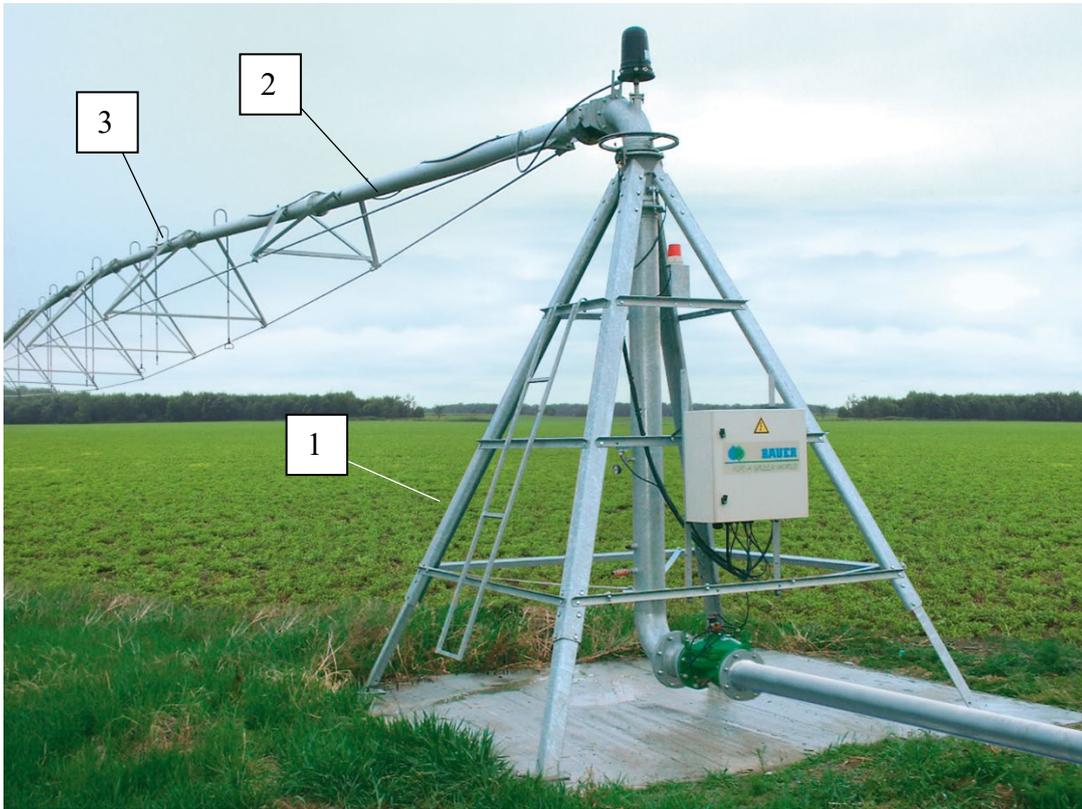
Стоит отметить, что процесс образования концентрических валиков происходит только в начале поливного сезона, однако применение данного способа связано со значительными потерями урожая в траекториях движения ходовых систем. Также, можно отметить большие затраты времени на разворот МТА и невозможность выращивания пропашных культур.

Известно техническое решение для повышения проходимости, а, следовательно, производительности работы дождевальной машины, посредством установки в водопроводящий трубопровод вставки, вследствие чего машина сдвигается на 1,5 – 2 м от неподвижной опоры (рисунок 1.13). При этом общая длина устанавливаемого сегмента регламентирована и составляет не менее 1,6 от ширины колеи, с целью исключения движения ДМ по старой колее.

Сдвигание машины от неподвижной опоры является трудоемким процессом и составляет около 15 – 17 человеко-часов. Отмечается увеличение заминаемости сельскохозяйственных культур, образование эрозионных процессов, а также дополнительные колеи на орошаемой поверхности.

Известен способ образования земляных подушек, так в совхозе «Орлянский», для ликвидации колеи от самоходных тележек ДМ и выравнивания обрабатываемой

поверхности. Посредством скрепера в колею насыпали грунт до плавного перехода, дополнительно, в тальвегах глубиной 0,8 – 1,0 м, для пропуска ливневых вод, образовывали перемычки.



1 – неподвижная опора; 2 – дополнительная вставка; 3 – водопроводящий пояс

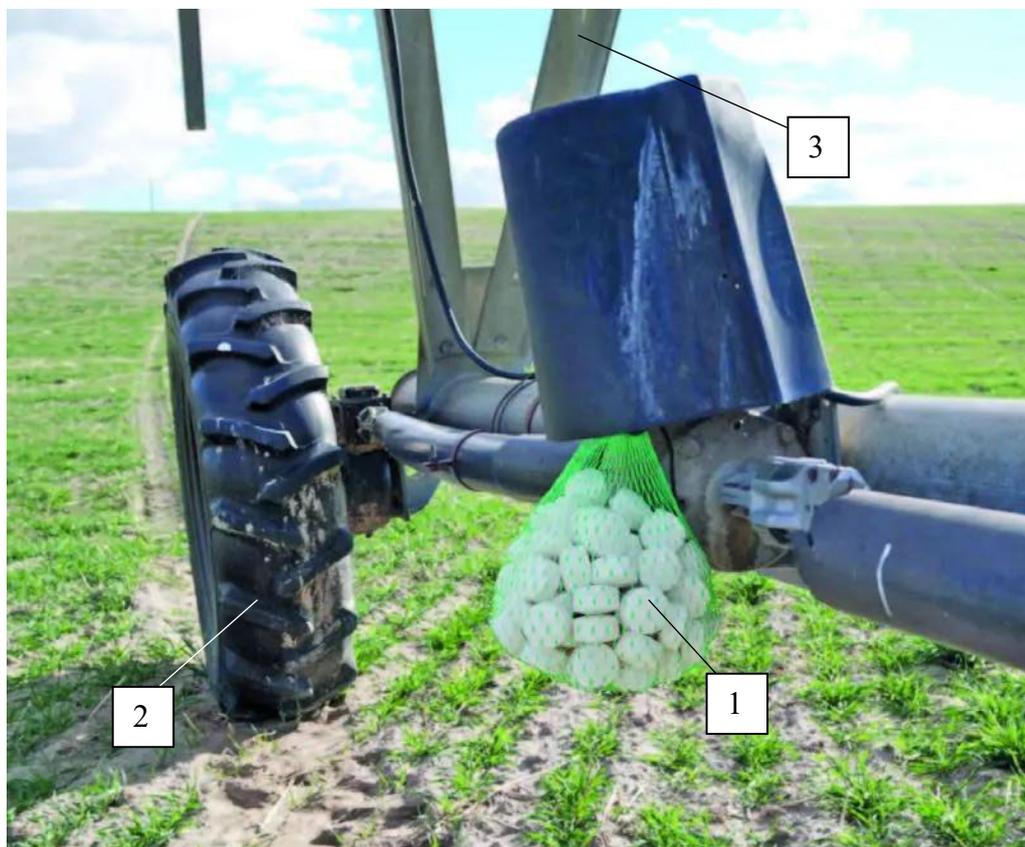
Рисунок 1.13 – Неподвижная опора с установленной вставкой, для увеличения длины первого пролета ДМ

Описанные выше методы сопровождаются дополнительными затратами.

Для повышения показателей по прочности и водопроницаемости, в структуру почвы вносят структурообразователи. Наиболее известным является поликриамид К-4. По данным исследований, при внесении 200 г/м^2 поликриамида, глубина колеи уменьшается примерно в 2,2 раза или на 60%, а также увеличивается водопроницаемость почвы на 90%. Однако применение данного способа, вследствие высокой стоимости химических элементов, а также возможных экологических последствий, широкого применения не получило [84, 126].

На сегодняшний день, новым способом ликвидации глубокой колеи под самоходными тележками дождевальными машин является использование абсорбирующих полимеров. Они способны впитывать и удерживать в себе объем

воды, который в 400 раз превышает из собственных. Принцип использования таких абсорбентов прост, состав помещается на самоходную тележку (рисунок 1.14), поток воды, контактируя с веществом растворяет его. Полученная смесь попадает в почву, уплотняя ее структуру, тем самым уменьшая процесс колееобразования. Данный метод является экономичным [100].



1 – абсорбирующий состав; 2 – пневматическое колесо; 3 – самоходная тележка

Рисунок 1.14 – Использование абсорбента на дождевальная машине

В некоторых хозяйствах, с целью выравнивания почвенной поверхности применяют трактора, оборудованные плугом или дисковой бороной, что увеличивает энергетические затраты при использовании техники, а также влечет перебрасывание тракторов от основного производства в напряженные периоды сельскохозяйственных работ. Многократная заделка приводит к эрозии почвы, ее смыву, а также к образованию ложбин. Дополнительно, стоит отметить большое количество глыб после рыхления. При работе в указанных условиях нарушаются агротехнические требования.

Вышеуказанные технические предложения не решают полностью проблему колееобразования, особенно при поливе многолетних трав, где числом проходов дождевальной техники достигает 30 раз за поливной сезон.

С целью ликвидации колеи, а также уплотняющего воздействия на почву от самоходных тележек дождевальной машины кругового действия «Кубань-ЛК1», применяют заравнивающе-рыхлящие устройства (рисунок 1.15) [103].



1 – заравниватель колеи; 2 – пневмошина; 3 – самоходная тележка

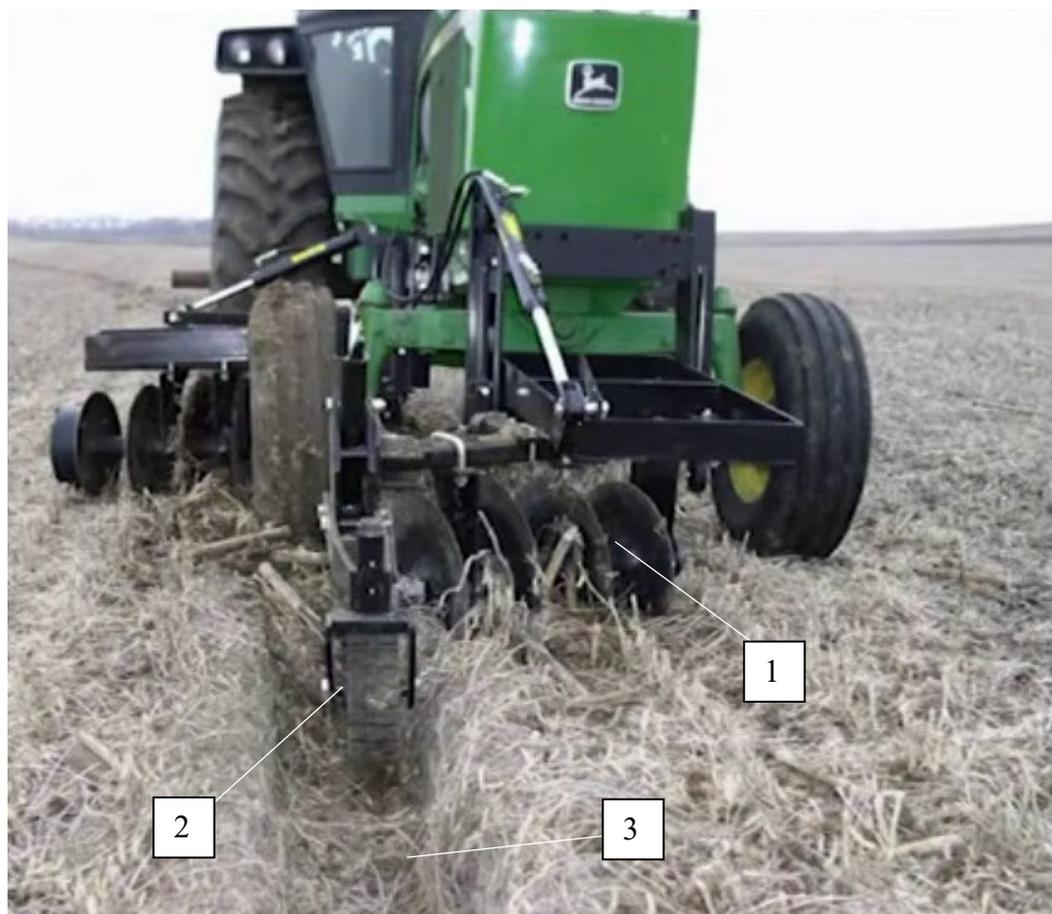
Рисунок 1.15 – Заравниватель колеи дождевальной машины

Известны следозаделыватели для засыпки колеи от ходовых систем тракторов. При невысоких значениях колеи, меньше глубины заделки семян, почву рыхлят, при этом восстанавливаются ее физико-механические свойства. А при высоких значениях глубины колеи производится рыхление и загартовывание почвой, которую забирают вне колеи. Следовательно, следозаделыватели делятся на три типа: для рыхления почвы, для загартовывания почвы, а также рыхляще-загартовывающие. Рабочими органами для следозаделывателей являются долотообразные и стрельчатые зубья, а также уголкового граблины.

Наиболее перспективным способом, в настоящее время, является уменьшение влажности почвенной обрабатываемой поверхности за счет ликвидации поверхностного стока.

Так, ВНИИ Орошаемого земледелия применяются способы увеличения несущей способности почвы, за счет отвода избыточной влаги.

Первый способ представляет собой щелеватель (рисунок 1.16), навешанный на трактор, с помощью которого, методом седлания, нарезают щели. С целью увеличения значений водопроницаемости почвы и отвода влаги, на щелевателе закрепляют дренаеры, с помощью которых формируют кротодрены.



1 – нарезные диски; 2 – каток; 3 – колея от ДМ

Рисунок 1.16 – Щелевание почвенной поверхности под колесами ДМ

После работы щелевателя, вдоль колеи от дождевальной техники, производят запашку плугом.

Плуг регулируется таким образом, чтобы его первым корпусом происходила срезка и оборачивание в колею пласта, с укладыванием на дно борозды. При втором проходе происходит срезка пласта первым корпусом плуга и дальнейшая его укладка на поверхности пластов в обычном порядке. Таким образом, формируется свальный гребень, который, за счет прохода по нему движителей ходовых систем ДМ,

уплотняется. За счет этого способа, влага через щели и кротодрены отводится в нижние слои, что препятствует образованию поверхностного стока воды.

Указанный метод является энергозатратным, за счет дополнительных проходов пахотных агрегатов, а также вызывает переуплотнение почвенной поверхности в зоне движения ходовых систем [42].

При использовании второго способа, рекомендовано увеличивать влагопроницаемость с помощью заполнения щелей малоценными наполнителями.

Трактор, с навешанным рабочим дисковым органом нарезает водопоглащающие щели под углом к грунту, методом седлания. Избыточный грунт смещается отвалом за призму выпирания, при этом щель и колея заполняется наполнителем и уплотняется. Дальнейшее запихивание почвы выполняется по первому способу. В качестве наполнителя используются опилки, солома или отходы.

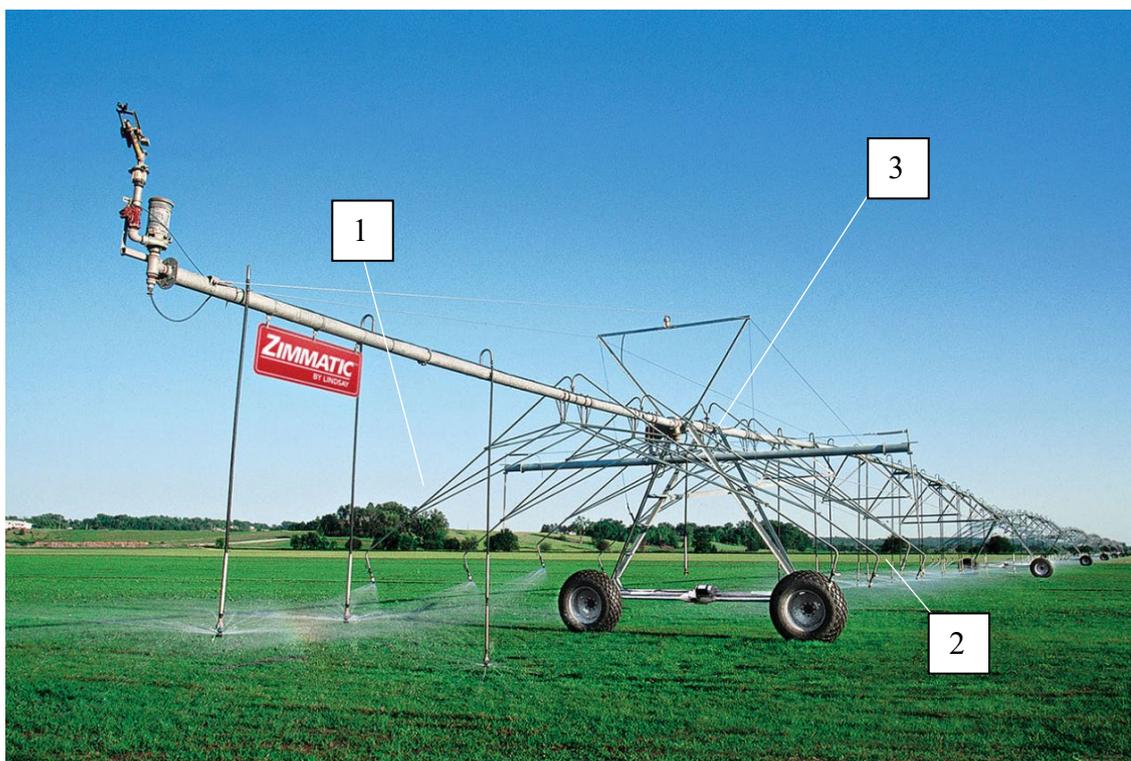
Указанный способ сохранил все недостатки предыдущего, при этом требуется дополнительное время на подготовку, а также доставку и внесение в почву наполнителя.

Известны технические решения, цель которых отвод воды из зоны движения ходовых систем машин для повышения несущей способности почвенной поверхности в зоне движения их ходовых систем.

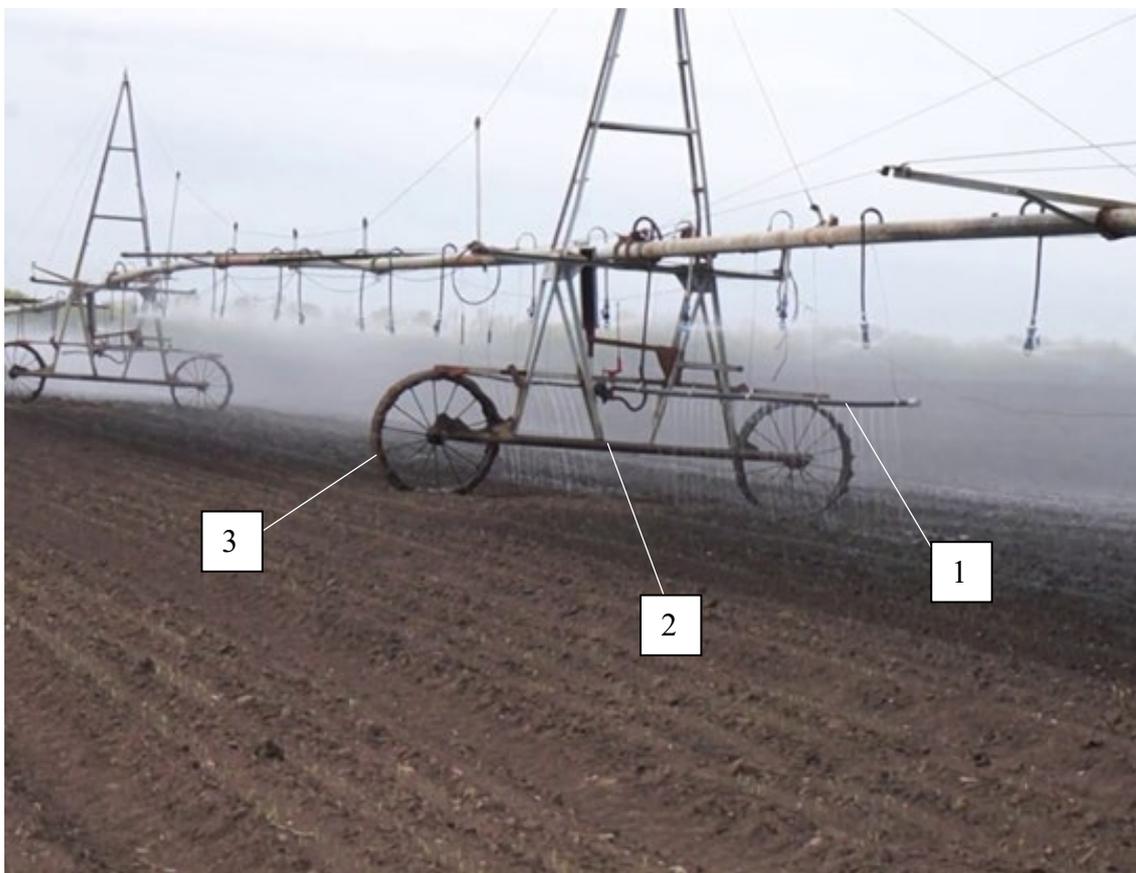
Доктор технических наук, профессор Кокуриным И. С., предлагал выносить дождевальные аппараты на открылках за пределы зоны движения ходовых систем, чтобы снизить влияние дождя на процесс передвижения дождевальных машин (рисунок 1.17). Такое решение увеличило материалоемкость машины, а также не позволило существенно увеличить эффективность распределения факела дождя.

С целью слива отработанной воды гидроцилиндрами самоходных тележек ДМ «Фрегат», применялись различные по конструкции сливные устройства (рисунок 1.18) [116].

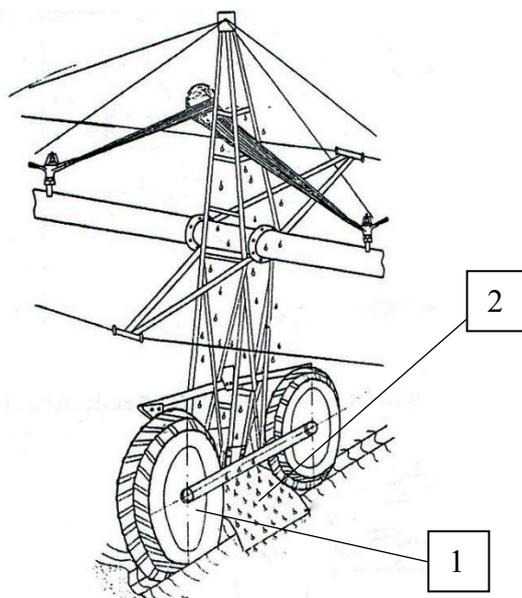
Для снижения интенсивности подачи воды, а следовательно, для увеличения досточковой поливной нормы, рекомендуется устанавливать дождеобразующие устройства с уменьшенным расходом воды, а также оснащать привода тележек ДМ щитовыми ограждениями (рисунок 1.19) [29, 53, 54].



1 – открьлок; 2 – дождевальныe насадки; 3 – центральный трубопровод
 Рисунок 1.17 – Вынос дождевальных аппаратов на ДМ «Zimmatic»



1 – модернизированный слив; 2 – самоходная тележка; 3 – жесткое колесо
 Рисунок 1.18 – Система слива отработанной воды гидроцилиндрами ДМ «Фрегат»



1 – самоходная тележка; 2 – щитовое ограждение

Рисунок 1.19 – Оснащение ходовых систем дождевальной машины ограждениями

Для исключения колебания расхода воды дождевальной машины кругового действия «Кубань – ЛК1» при работе на уклонах до 50% и более, и как следствие, увеличенных стоков воды, при настройке соответствующих схем расстановки дождеобразующих устройств (предназначенных для уклонов 0,05 – 0,07 и различных почв) (рисунок 1.20) на выровненном рельефе, в концевой части машины, напор на входе увеличивают на величину искомого напора, т.е. на 25 – 30 м [50, 123 131].

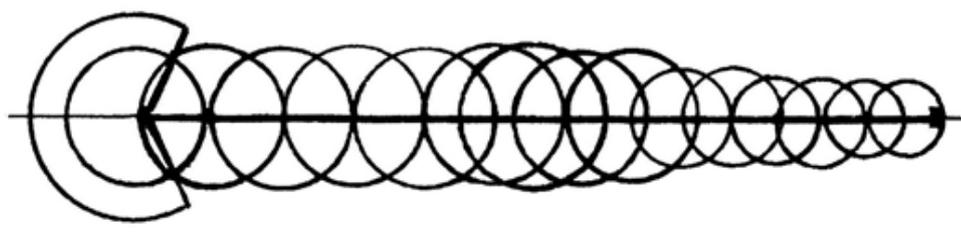


Схема №II – для уклона до 0.05 (почвы с высокой водопроницаемостью)

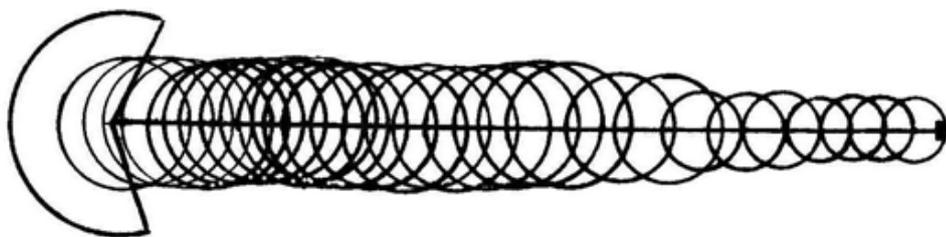


Схема №III – для уклона до 0.05 (почвы с низкой водопроницаемостью)

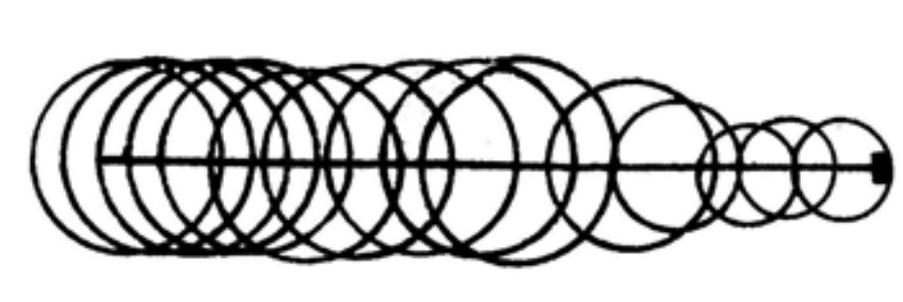


Схема №IV – для уклона до 0.07 (все типы почв)

Рисунок 1.20 – Схемы распределения воды дождевальными аппаратами по длине машины (давление на входе в машину 0,56 МПа)

Это несколько обуславливает снижение колебания расхода в консольной части ДМ до 25 – 30% и средней интенсивности подачи воды с 0,6 – 0,8 до 0,4 – 0,5 мм/мин [136].

Однако, это не исключает повышенных стоков, особенно под последним пролетом ДМ, и как следствие, низких значений досточковой поливной нормы и, соответственно, производительности машины.

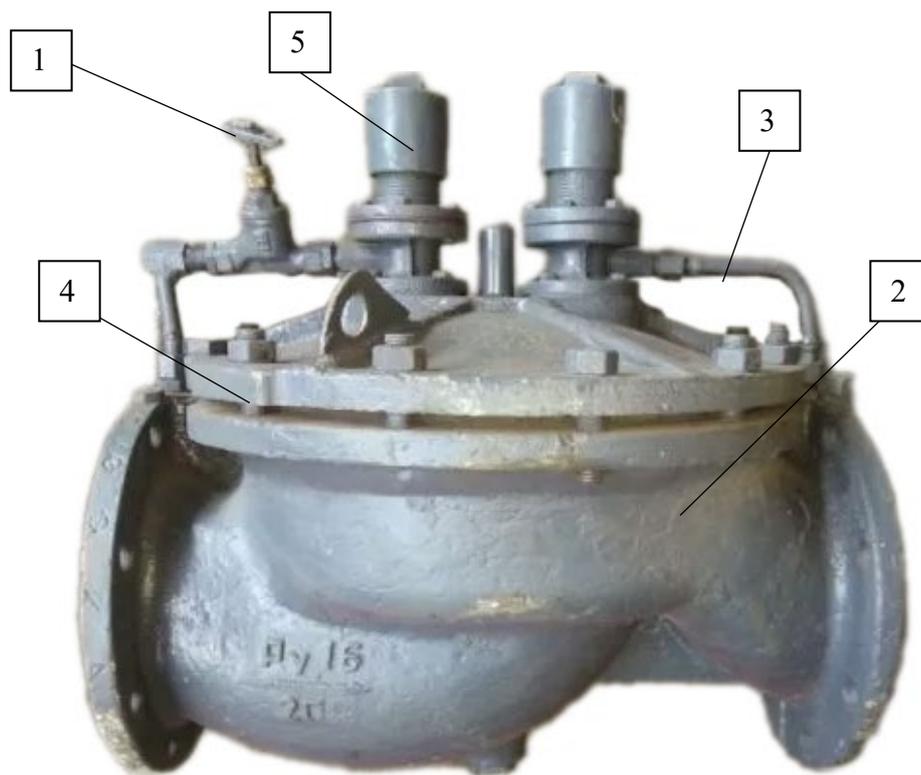
Уменьшение интенсивности подачи воды дождевальной машиной кругового действия «Кубань-ЛК1» в концевой части, определяющее, в целом, повышение равномерности его распределения по длине машины, и в частности, досточковой поливной нормы при обработке почвы в зоне движения последней тележки, возможно обеспечить оснащением дождевальных аппаратов машины обоснованными по конструкции регуляторами расходов и устройствами для распыла их струи (рассекателями) [97].

1.3. Анализ устройств регулирования расходно-напорных характеристик и распыла струи дождевальных аппаратов

С целью изменения показателей расхода и напора дождевальных аппаратов широкозахватных машин, нашли применение регулирующие устройства, отличающиеся как по конструкции и по техническим характеристикам.

Известно техническое решение по применению регулятора давления модели РД-1 на водопроводящем трубопроводе многоопорной ДМ «Кубань-ЛК1» для

обеспечения требуемого давления на выходе дождевального аппарата (рисунок 1.21) [71].



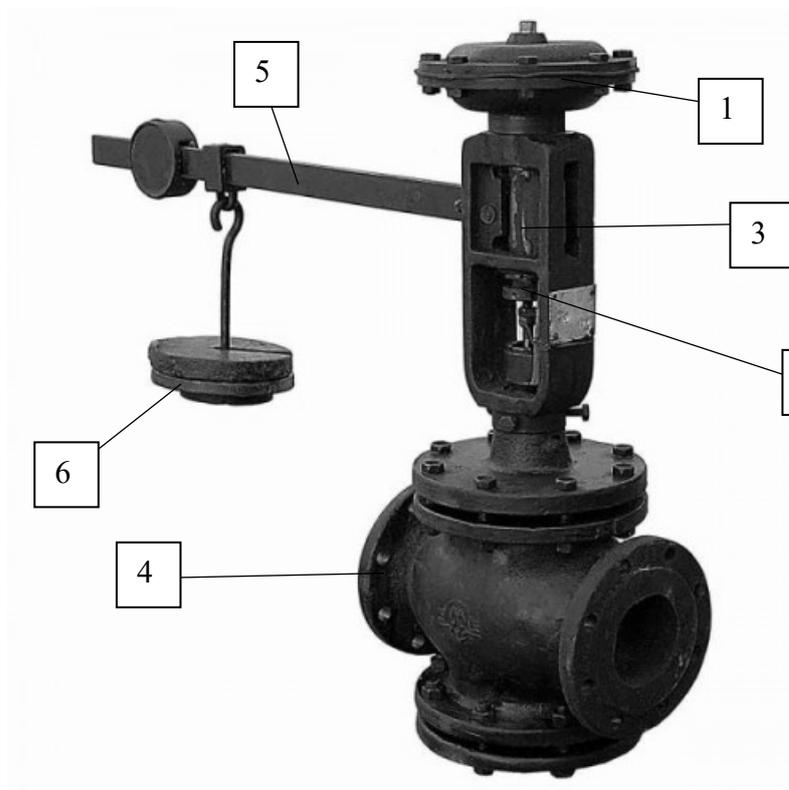
1 – регулировочный винт; 2 – корпус; 3 – импульсная трубка; 4 – крышка; 5 – фильтр

Рисунок 1.21 – Регулятор давления РД-1

Указанная модель регулирующего устройства работает следующим образом. С увеличением или уменьшением давления в трубопроводе, происходит соответствующее изменение силы, действующей на мембрану, посредством чего, происходит изменение площади кольцевой щели датчика клапана. С изменением кольцевой щели датчика, в регулирующем устройстве, проходное отверстие открывается или закрывается, поддерживая постоянство давления на выходе. Положительным моментом, при использовании данной модели регулятора, является отсутствие необходимости в дополнительной его настройке, однако из-за своей высокой материалоемкости и большой массы, применение его в водопроводящем поясе ДМ «Кубань-ЛК», при регулировании давления, не представляется возможным.

Известны случаи применения регулирующих устройств марки 21ч10нж (рисунок 1.22). Настройка, указанной модели регулятора на требуемый напор

происходит методом подбора грузов из комплекта. Регулирование давления осуществляется на уравнивании сил, действующих на мембрану, а также силы тяжести груза, связанного с клапаном через рычаг [72].



1 – мембранный узел; 2 – регулировочная гайка; 3 – шпindel; 4 – клапан; 5 – рычаг;
6 – груз

Рисунок 1.22 – Регулятор давления прямого действия модели 21ч10нж

С увеличением давления в водопроводящей сети также увеличивается и напор на выходе регулятора давления, соответственно усилие мембраны увеличивается, которая, преодолевая силы рычага с грузом, регулирует проходное отверстие регулятора. Регулировка, происходит до полного уравнивания сил рычага с грузом и мембраны, то есть до установления требуемого давления на выходе. Соответственно, при снижении давления, механизм регулировки выполняется в обратном порядке.

Стоит отметить простоту конструкции указанной модели регулирующего устройства, что обеспечивает его бесперебойную работу даже с водой, содержащей примеси. Однако, регулирование давления перед дождевальными аппаратами машин представляется невозможным, из-за его установки только на горизонтальном

трубопроводе, а также высоких значений габаритных размеров и весовых характеристик.

Наиболее подходящим регулятором давления для дождевальной техники, может быть устройство, содержащее эластичную резиновую мембрану с отверстием в центре – марки NELSON (рисунок 1.23). Данная модель регулирующего устройства обеспечивает требуемый расход воды до определенной величины, затем, за счет увеличения давления на диафрагму, она деформируется, уменьшая проходное отверстие, тем самым обеспечивая постоянство расхода на выходе. С восстановлением начального давления резиновая диафрагма также восстанавливает свою первоначальную форму, сохраняя расход на выходе неизменным. Однако, из-за высокого количества пластических деформаций резиновой диафрагмы, не обеспечивается требуемая точность регулирования давления, что делает невозможным применение данной модели регулятора в водопроводящих системах ДМ.

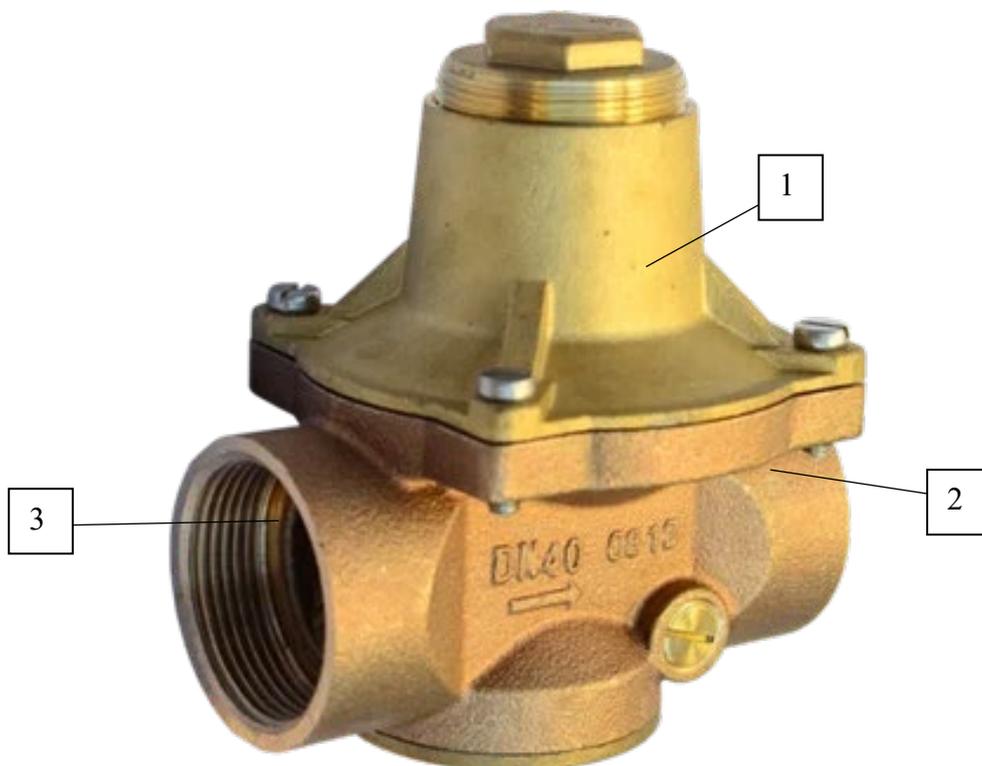
Известны случаи применения регулирующего устройства, в состав которого входит корпус цилиндрической формы, подпружиненный узел с чувствительным элементом, расположенным между входным и выходным отверстиями, образующими задающую полость. Для увеличения точности регулирования, в полости установлены мембрана и перегородка с седлом, со стороны выходного отверстия (рисунок 1.24). Работа указанной модели регулирующего устройства возможна в двух режимах: динамическом и статическом. При работе в динамическом режиме с повышением или понижением давления в выходной или входной полости, запорный элемент прижимается к седлу, тем самым препятствуя повышению давления. Стоит отметить, что выходное давление сохраняется в заданном диапазоне изменения, где регулировка от нижнего до верхнего пределов, происходит в автоматическом режиме.

При работе данного регулирующего устройства обеспечивается требуемая точность, а также диапазон регулирования, но сложность его конструкции, с большим количеством элементов, невысокая надежность работы и большая материалоемкость исключают его применение в водопроводящем поясе ДМ «Кубань-ЛК1».



1 – дождевальная насадка; 2 – регулятор давления

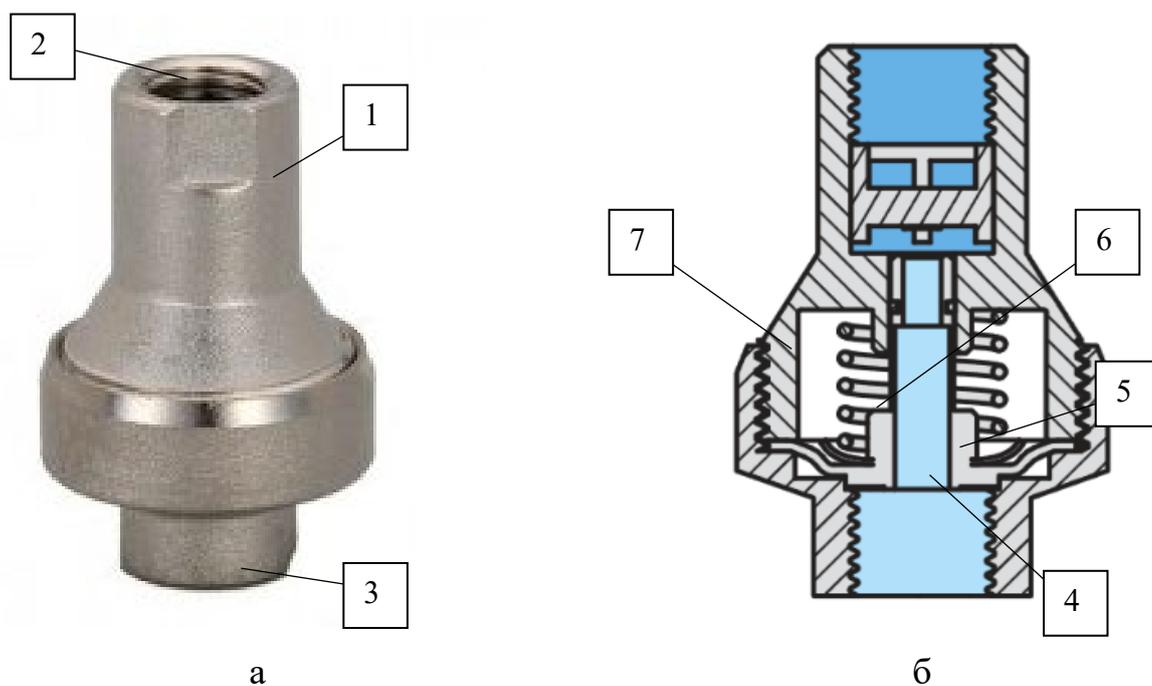
Рисунок 1.23 – Общий вид регулятора давления NELSON с дождевальной насадкой



1 – корпус, 2 – входная полость, 3 – выходная полость

Рисунок 1.24 – Пружинный регулятор давления (с мембраной)

Наиболее удовлетворяющими для указанных целей являются образцы микрорегуляторов давления, например модели AirCom Pneumatic GmbH (рисунок 1.25). Данная модель регулятора состоит из корпуса с входным и выходным каналами, запорного и чувствительного элементов, соединенных с помощью штока, пружины, а также винтов регулировки требуемого давления. По принципу работы данная модель аналогична вышеприведенным регулирующим устройствам [1].



1 – корпус; 2 – входная полость; 3 – выходная полость; 4 – запорный элемент; 5 – чувствительный элемент; 6 – шток; 7 – пружина

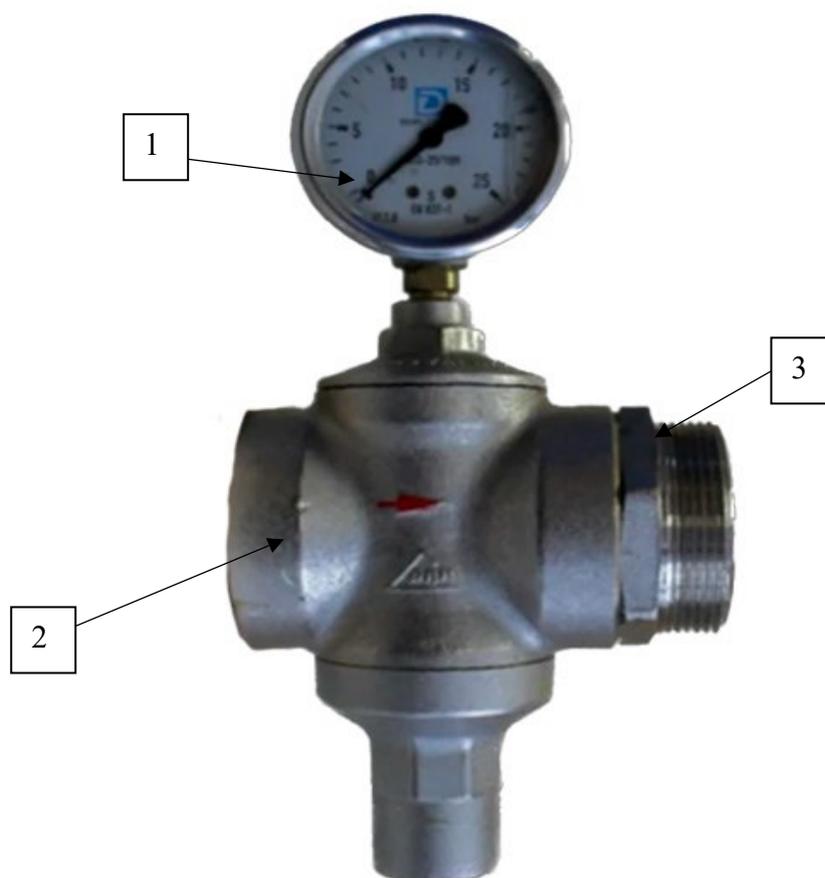
Рисунок 1.25 – Схема (а) и общий вид (б) медного регулятора с предустановленным входным давлением для жидкостей

Однако, возможность применения данной модели на дождевальными машинах затруднена, в связи с его невозможностью настройки необходимого значения расхода.

Известна модель поршневого регулирующего устройства, применяемого на шланго-барабанных дождевальными установках (рисунок 1.26) (патент РФ №90914) [94].

Указанная модель регулятора расхода имеет латунный корпус, входное и выходное соосные отверстия с резьбой, для подключения водопроводной арматуры, а также цилиндрическую вставку, расположенную перпендикулярно относительно

оси выходного отверстия. Вставка с боку, имеет проточное окно с настраиваемым кольцевым зазором, а также чувствительный элемент, расположенный на гранях цилиндрической вставки и соединённый с регулировочным клапаном. Принцип работы регулирующего устройства, следующий: при изменении кольцевого зазора чувствительным элементом, настраивается искомое значения выходного расхода. Однако применение данной модели неприемлемо из-за высоких показателей расхода дождеобразующих устройств многоопорных ДМ.



1 – манометр; 2 – входное отверстие; 3 – выходное отверстие

Рисунок 1.26 – Регулирующее устройство, применяемое на шланго-барабанных дождевальными установках

Имеется опыт эксплуатации пружинных и пружинно-поршневых регуляторов расхода на многоопорных дождевальными машинах типа «Фрегат» (рисунок 1.27) [87].

Регулятор расхода имеет корпус с двумя выходными патрубками, один из которых подключается к дождевальному аппарату, другой к водопроводящему трубопроводу, два рукава цилиндрической формы, соединяющие входной и

выходной патрубки, а также компенсирующие силы потока жидкости на узлы регулятора, а также запорный клапанный механизм пружинного типа с возможностью самонастройки. Ручная настройка регулирующего устройства осуществляется с помощью регулировочного винта, за счет изменения усилия пружинного механизма на запорный элемент.

Однако, невысокие значения по точности регулирования значений расхода (около 90 – 92%), ограничивают возможность его применения на дождевальных машинах кругового действия типа «Кубань-ЛК1», выполняющих обработку склоновых площадей, где и так наблюдается значительные колебания расходов.

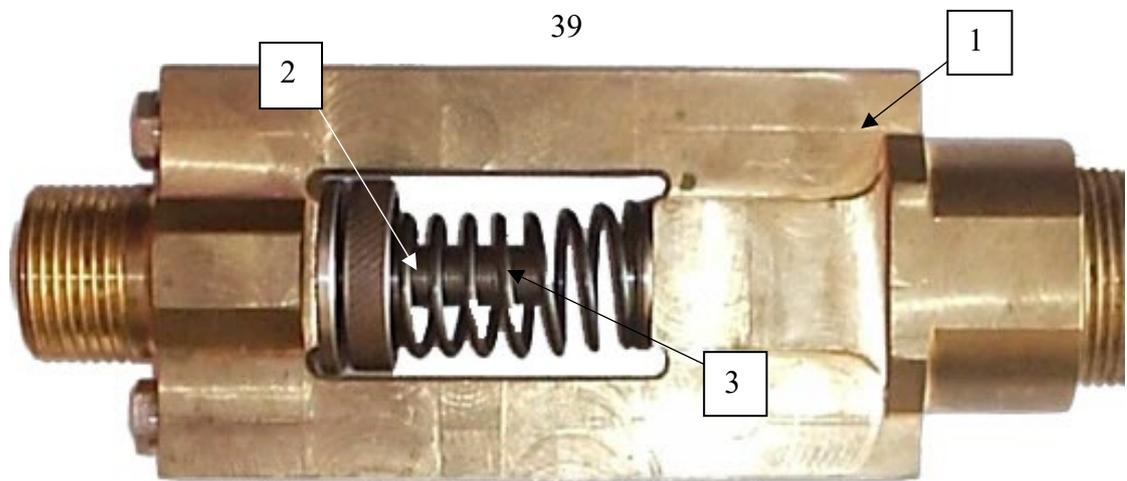
Более эффективным регулятором расхода в данном случае, для дождевальных аппаратов машин, представляется регулирующее устройство с мембранным узлом регулировки выходного давления (рисунок 1.28), обеспечивающего точность регулирования 95% и более.

Работа регулирующего устройства осуществляется следующим образом. Жидкость, через входное отверстие попадает в корпус регулятора в канал золотника. При воздействии усилия пружинного механизма на составной шток золотник открыт, до момента, пока сила входного и выходного давления действующие на эластичную мембрану будет меньше, чем усилие пружины.

При повышении входного давления рабочего раствора золотниковая камера закрывается, тем самым дросселируя поток жидкости. Полученные значения искомого давления настраиваются и фиксируются регулировочной гайкой.

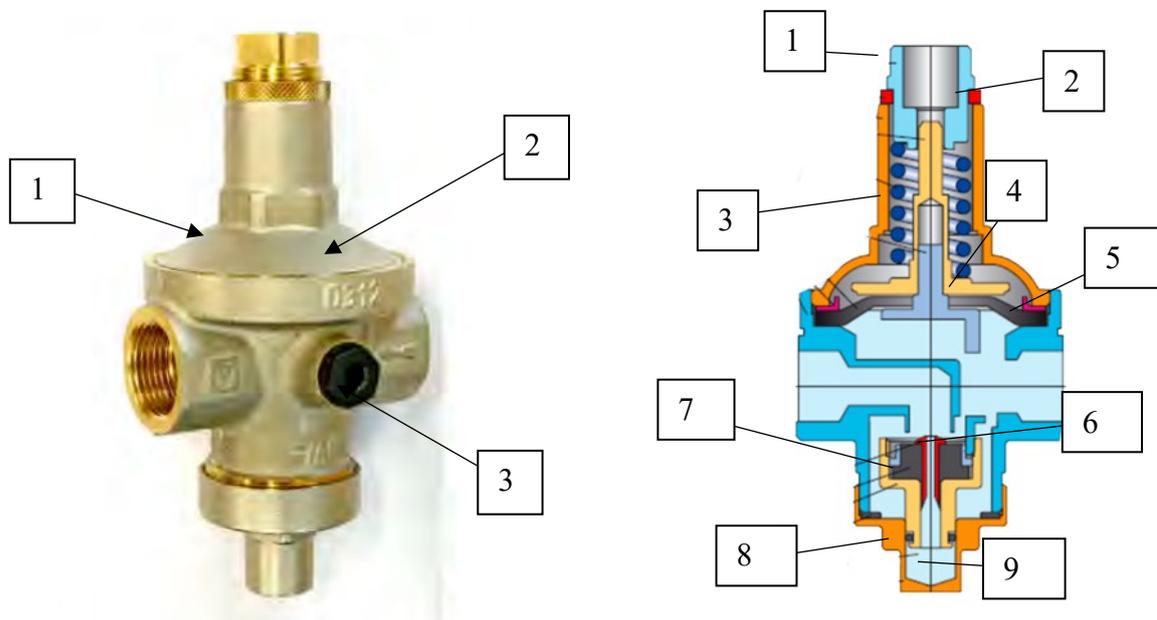
Проведенный анализ регуляторов расхода позволил установить, что исходя из точности поддержания заданного давления на выходе (точность регулирования), оптимальным решением будет установка на дождевальные аппараты машины регулирующего устройства с мембранным узлом регулирования.

Однако, вторым критерием выбора регулятора расхода является его материалоемкость, которая, при использовании на дождевальных машинах, должна составлять порядка 0,50 кг/л/с, при необходимости, с дальнейшей оптимизацией конструктивных параметров.



1 – корпус; 2 – пружина; 3 – поршень

Рисунок 1.27 – Регулирующее устройство поршневого типа, применяемое на ДМ «Фрегат»



1 - корпус; 2 – крышка, 3 – пробка;

1 – настроечная втулка, 2 – фиксирующая гайка, 3 – пружина, 4 – мембрана, 5 – распределительное кольцо, 6 – винт золотника с каналом, 7 - золотниковая прокладка, 8 – уплотнительное кольцо, 9 – демпферная камера.

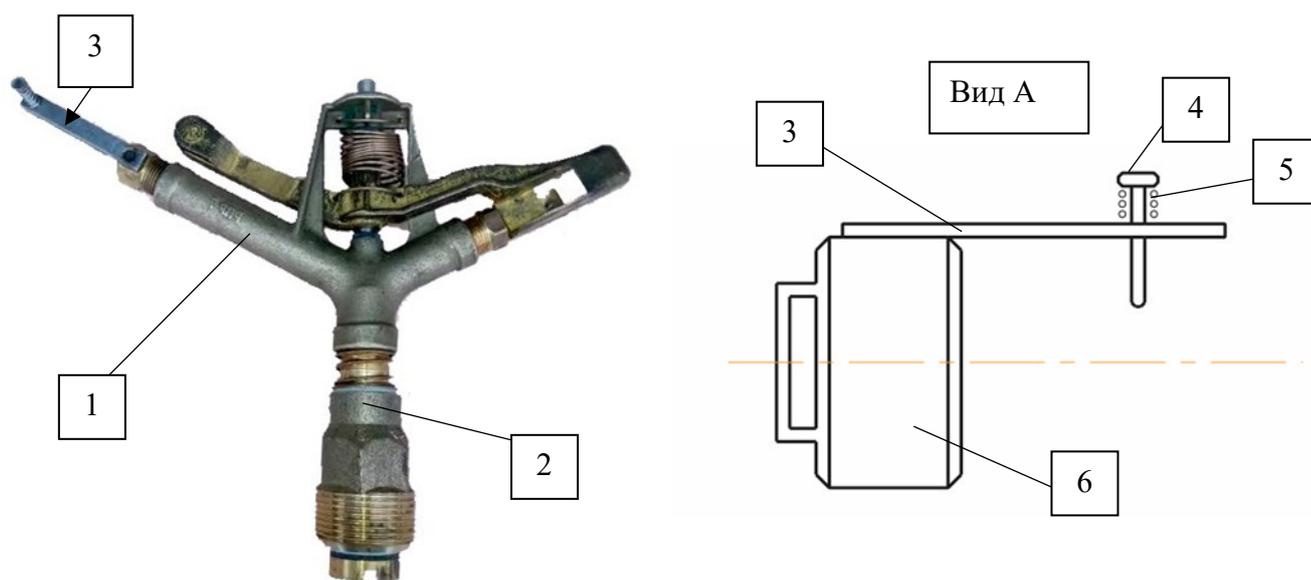
а – общий вид;

б – схема;

Рисунок 1.28 – Регулирующее устройство расхода воды с мембранным узлом регулировки

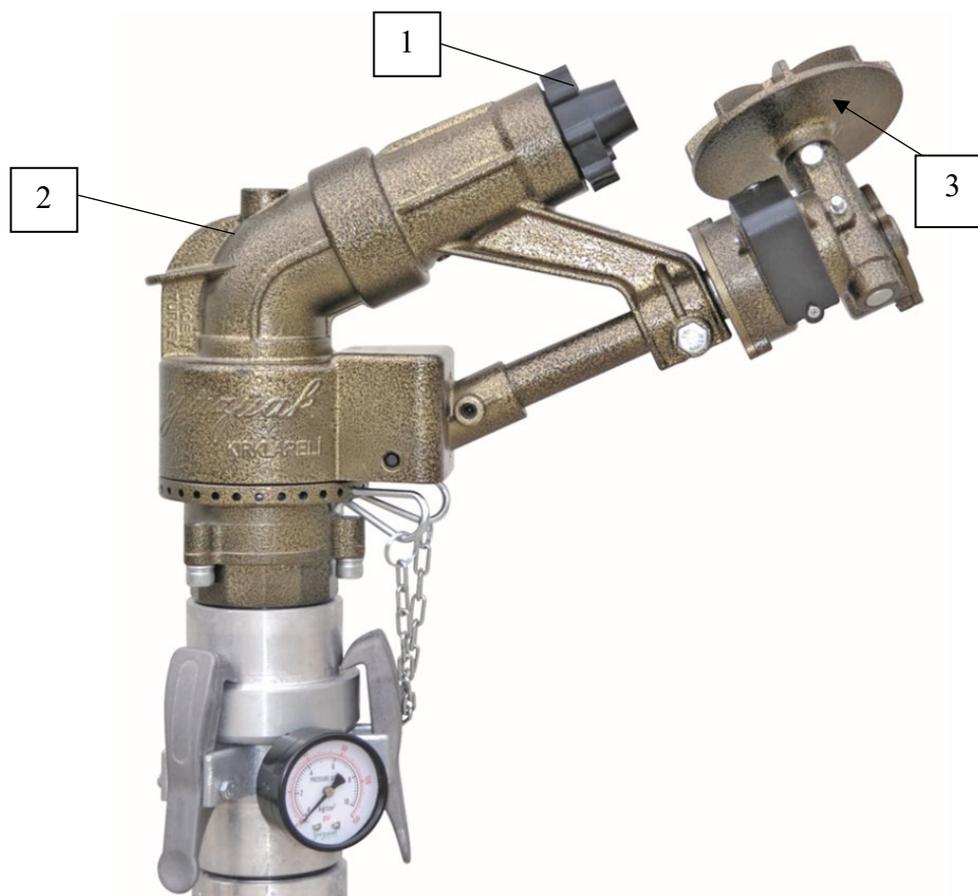
Отметим, что установка дождевальных аппаратов машины при обработке склоновых площадей позволяет исключить перепад расхода машины, тем самым уменьшить интенсивность подачи воды, значения которой соответствуют значениям при работе машины на ровном рельефе. Однако, это не исключает возникновения поверхностных стоков (до 10 – 15%) на склоне, за счет непосредственно самого уклона местности.

Для обеспечения необходимого режима обработки, в отмеченных условиях, не позволяющего дальнейшего уменьшения расхода в зоне движения последней тележки машины, снижение ее интенсивности подачи воды под последним пролетом и консольной частью, возможно оснащением дождевальных аппаратов устройствами (рассекателями) (рисунок 1.29, 1.30) регулирующими распыл их струи, для увеличения площади захвата, с оптимизацией параметров регулирования, исходя из допустимого уменьшения радиуса полива (не более 0,60 м) [57, 73, 91].



1 – патрубков; 2 – ствол; 3 – планка; 4 – винт рассекателя; 5 – пружина; 6 – сопло.

Рисунок 1.29 – Дождевальный аппарат (№3 «Фрегат») с рассекателем стержневого типа



1 – сопло; 2 – ствол аппарата; 3 – турбинный рассекатель

Рисунок 1.30 – Дождевальная машина Turf Jet с рассекателем турбинного типа

Распыл струи происходит посредством внедрения в нее различного вида рассекателей. Наиболее распространенным по простоте конструкции и сложности изготовления – рассекатель, выполненный в виде подпружиненного регулируемого винта (рисунок 1.29, поз. 4).

Выводы по первой главе

По результатам поиско-аналитических исследований эксплуатации и модернизации дождевальных машин кругового действия, используемых при поливе сельскохозяйственных культур, исходя из их конструктивных параметров, а также технологических параметров работы можно заключить:

1. Установлено, исходя из своих технических характеристик, конструктивных параметров, а также показателей работы на различных площадях, дождевальная машина кругового действия «Кубань-ЛК1» является наиболее подходящей для обработки почвы на склоновых площадях.

2. Выявлено, что снижение производительности дождевальной машины кругового действия «Кубань-ЛК1» на склоновых участках обусловлено, в большей степени, снижением показателя равномерности полива, особенно в ее концевой части, определяемых низкими значениями достоковой поливной нормы из-за увеличенных показателей интенсивности подачи воды, и как следствие поверхностных стоков.

3. Установлено, что для исключения поверхностного стока в районе последней тележки и консольной части дождевальной машины «Кубань-ЛК1» при работе на склоновом участке и, как следствие, повышение достоковой поливной нормы и, соответственно, общей производительности работы машины необходимо уменьшение, в указанной зоне, интенсивности подачи воды, посредством оснащения дождевальных аппаратов регулируемыми устройствами их расходно-напорных характеристик и распыла струи.

4. Установлено, что наиболее приемлемыми для регулирования расходно-напорных характеристик и распыла струи дождевальных аппаратов машины «Кубань-ЛК1» при работе на склоновых участках, могут быть оптимизированные по конструкции и компоновке, а также характеристикам регулирования, соответственно регулятор расхода мембранного типа и рассекатель стержневого типа.

1.4. Цель и задач исследования

Исходя из выявленной проблемы эксплуатации дождевальной машины «Кубань-ЛК1», поставлена следующая **цель исследования**: обоснование параметров регулятора расхода и рассекателя дождевального аппарата.

Для достижения указанной цели нам необходимо решить следующие **задачи исследования**:

1. Обосновать параметры регулятора расхода и рассекателя дождевального аппарата ДМ.

2. Экспериментально уточнить параметры регулятора расхода и рассекателя дождевального аппарата ДМ.

3. Оценить экономический эффект от применения ДМ, оборудованной модернизированным регулятором расхода и рассекателем стержневого типа.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА И РАССЕКATEЛЯ ДОЖДЕВАЛЬНОГО АППАРАТА ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ

2.1. Теоретические исследования дождевальной машины при работе на склоновых участках

Основными требованиями агротехники при возделывании, сельскохозяйственных культур, широкозахватными дождевальными машинами являются своевременная подача растениям оросительной воды, в необходимом для их интенсивного развития, количестве. Рациональное водопользование обеспечивается на основе применения научно обоснованных режимов орошения и технически регламентированного процесса его реализации [5, 130].

Расчет режимов орошения сельскохозяйственных культур проводится на основе уравнения водного баланса [111, 112, 125]:

$$M = E_v - P - W_a - \Gamma \quad (2.1)$$

где: M – поливная норма, м³/га;

E_v – суммарное водопотребление за период вегетации, м³/га;

P – количество полезных осадков, м³/га;

W_a – активные запасы почвенной влаги, которые могут быть использованы растениями, м³/га;

Γ – количество воды, используемое растениями за счет грунтовых вод, м³/га.

Одним из основных показателей качества полива является равномерность распределения слоя осадков по площади орошения. Для ДМ «Кубань-ЛК1», по ее длине, коэффициент эффективного полива, должен составлять не менее 0,7. Данный коэффициент представляет собой отношение эффективно политой площади $S_{эф.}$ ко всей орошаемой площади участка S [14, 129]:

$$K_{эф.} = \frac{S_{эф.}}{S} \quad (2.2)$$

Эффективно политой площадью считается площадь, политая со среднеэффективной интенсивностью $\rho_{ср.эф.}$. Среднеэффективная интенсивность – это

интенсивность, которая в допустимых агротехникой пределах отклонений дает наибольшую эффективно политую площадь. Допустимые пределы отклонения составляют $\pm 25\%$ от средней интенсивности $\rho_{\text{ср.}}$, под которой понимается отношение среднего слоя осадков h , выпавших на определенной площади S , подвергающейся одновременному поливу, ко времени их выпадения.

В первую очередь, требуется рассчитать машинную норму внесения оросительной воды, а также расход дождевального аппарата, так как переизбыток воды может пагубно сказаться на произрастании культуры. Для этого необходимо воспользоваться зависимостью (2.3) профессора Костякова А.Н. [2, 119, 130]:

$$m = 100 \times h^n \times \gamma_{\text{об}} \times (\beta_{\text{в}} - \beta_{\text{н}}) \quad (2.3)$$

где: h – глубина обрабатываемого слоя почвенной поверхности, м;

$\gamma_{\text{об}}$ – объемная масса, г/см³;

$\beta_{\text{в}}$ – верхняя граница оптимального обрабатываемого слоя почвы от её сухой массы, %;

$\beta_{\text{н}}$ – нижняя граница увлажнения слоя почвы от её сухой массы, т. е. $\beta_{\text{н}} = \left(\frac{0.6}{0.8}\right) \times \beta_{\text{в}}$, %;

n – коэффициент, зависящий от свойства обрабатываемой поверхности и скорости воды.

Определяющим, в величинах норм полива, при прочих постоянных значениях входящих в них параметров, является расход воды Q дождевальной машины «Кубань-ЛК1», который складывается из суммы расходов ее дождевальных аппаратов, равномерно распределяемых по орошаемой площади [75]:

$$Q = \sum q_{\text{н}} \quad (2.4)$$

где: $q_{\text{н}}$ – расход дождевального аппарата, л/с.

Для увеличения досточковой поливной нормы, и уменьшения интенсивности дождя на уклоне, расход дождевальных аппаратов должен возрастать от неподвижной опоры ДМ к концевой ее части по закономерности, определенной формулой (2.5) [133]:

$$q_{\text{н}} = \frac{4 \times Q \times R_{\text{н}} \times r_{\text{н}}}{R^2} \quad (2.5)$$

где: R_H – расстояние от неподвижной опоры до дождевального аппарата, м;

r_H – расстояние от дождевального аппарата до точки перекрытия площади, им орошаемой, с площадью, орошаемой соседним аппаратом, м;

R – радиус орошения машиной, м.

Отмеченное определяется конструктивными параметрами дождевальных аппаратов и напором воды в соответствующей точке их установки. С учетом вышеуказанного, расход одного аппарата можно определить по зависимости [40]:

$$Q = \mu \times \omega \times \sqrt{2 \times g \times h} \quad (2.6)$$

где: μ – коэффициент расхода воды;

ω – площадь сечения сопла дождевального аппарата, м²;

h – напор на входе в сопло, м. вод. ст.

Следует отметить, что при настройке регулятора расхода, исходя из устойчивой работы дождевального аппарата (серии «Фрегат» №3) особенно в концевой части дождевальной машины, при работе на положительных уклонах (до 0,03 и более), напор h перед ними, согласно агротехническим требованиям, с учетом потерь по длине h_d , определяемый по выражению (2.7), должен составлять не менее 30 м, то есть:

$$h = h_{вх} - h_d - h_r \geq 30 \quad (2.7)$$

где: $h_{вх}$ – напор на входе в дождевальную машину, м. вод. ст.;

Определяющим показателем качества технологического процесса полива многоопорными машинами кругового действия «Кубань-ЛК1» на склоновых участках по равномерности распределения поливной нормы (слоя осадков) и ее досточковой величины, является общий уклон орошаемой поверхности. Это вызывает колебание расходно-напорных характеристик дождевальных аппаратов свыше допустимых величин, особенно в концевой части ДМ. Для устранения отмеченных недостатков необходимо поддерживать данный параметр перед дождевальными аппаратами постоянным.

Исходя из длины машины и напора на входе оценивается наибольшее допустимое значение положительного уклона по зависимости (2.8):

$$i = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4 \times a \left(c - \frac{Q^2}{(\omega \times \mu)^2 \times 2 \times g} \right)}}{2 \times a} \quad (2.8)$$

По значению напора на входе в дождевальную машину, определяется максимальное значение отрицательного уклона, напор перед дождевальными аппаратами при котором, по техническим требованиям, не должно превышать 75 м. в.д. ст.

Тогда, общий расход дождевальной машины «Кубань-ЛК1», с учетом формулы (2.6), можно представить в виде:

$$Q = \sum \mu \times \omega \times \sqrt{2 \times g \times h} \quad (2.9)$$

По результатам теоретических исследований, выявлено, что показатель интенсивности подачи оросительной воды, влияет не только на достокую норму, но также и на несущую способность почвенной поверхности и определяется по выражению 2.10:

$$\rho = \frac{60 \times Q}{S} \quad (2.10)$$

где: Q – регулируемый расход дождевального аппарата, л/с;

S – регулируемая площадь распределения воды, м².

В полевых условиях, особенно на склоновых площадях, норма внесения воды до образования стоковой поверхности $m_{\text{дост}}$, зависит от интенсивности дождя ρ и определяется по выражению 2.11 [45, 127]:

$$m_{\text{дост}} = \frac{P}{\sqrt{\rho \times \varepsilon^{0,5\alpha}}} \quad (2.11)$$

где: P – водопроницаемость почвенной поверхности, мм;

ρ – интенсивность подачи дождя, мм/мин;

ε – основание натурального логарифма; $\varepsilon = 2.72$;

α – средний диаметр капель дождя, мм;

$m_{\text{ст}}$ – величина стоковой поверхности, мм/мин, $m_{\text{ст}} = m_{\text{м}} - m_{\text{дост}}$;

$m_{\text{м}}$ – машинная норма внесения оросительной воды, м³/га.

Основным фактором, при выполнении технологии орошения дождевальной машиной «Кубань-ЛК1», является несущая способность почвенной поверхности после полива $P_{\text{онн}}$ (2.12), которая полностью учитывает, указанные выше, свойства

обрабатываемой поверхности, при работе машины на склоновых участках и определяет показатель использования времени смены, тем самым влияя на общую производительность машины [11, 12, 135].

$$P_{онн} = P_{одп} - (1.4 \times m_{дост}^{0.65} + 8 \times 1.01^{m_{ст.}}) \quad (2.12)$$

где: $P_{одп}$ – значение несущей способности почвы перед поливом, кПа;

$m_{дост}$ – норма полива до образования стоковой поверхности, м³/га.

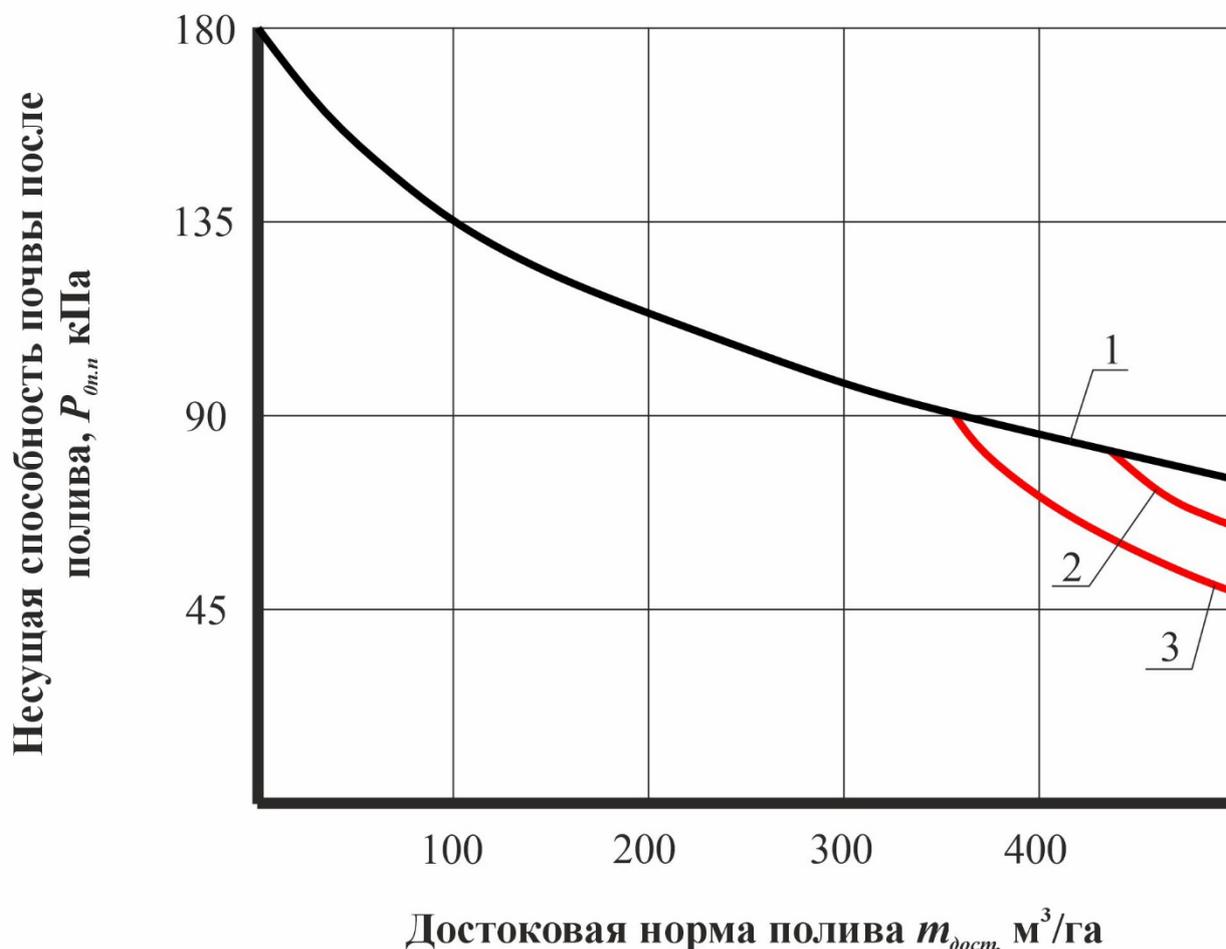
Так для повышения несущей способности почвы после полива, тем самым, увеличение производительности работы машины, возможно обеспечить повышением значения стоковой нормы полива, за счет возрастания коэффициента равномерного полива, посредством ступенчатого регулирования подачи (интенсивности) воды дождевальными аппаратами, при снижении их расхода Q и увеличении площади распыла их струи S .

Исследуемая модификация дождевальной машины «Кубань-ЛК1» (МДЭК-474-65-01), работая на склоновой участке ($\iota = 0,03$ и более), выдает значение интенсивности подачи воды дождевальными аппаратами 0,40 мм/мин., в свою очередь для ровного рельефа интенсивность подачи дождя составляет 0,30 мм/мин. Высокие значения интенсивности дождя, в первую очередь, связаны с перепадом геодезических высот, относительно неподвижной опоры, вследствие чего увеличенными показателями расхода дождевальных аппаратов $Q = 2,1 - 2,3$ л/с, для ровного рельефа, расход дождевальных аппаратов составляет $Q = 1,6 - 1,7$ л/с [134].

Анализируя графическую зависимость (рисунок 2.1) несущей способности обрабатываемой поверхности от величин стоковой нормы внесения воды и стока, видно, что при обработке машинной нормой $m_m = 500$ м³/га, для средней водопроницаемости почвы ($P = 60$ мм), величина стоковой нормы $m_{дост}$, для интенсивности $\rho = 0,4$ мм/мин составляет 350 м³/га, это обуславливает, согласно зависимости (2.12), снижение несущей способности почвы $P_{одп}$ со 180 кПа до 90, дополнительно, за счет стока $m_{ст} = 150$ м³/га – до 45 кПа.

При интенсивности же подачи $\rho = 0,3$ мм/мин, присущей выровненному рельефу, обеспечиваемой посредством регулирующих устройств на склоновых

участках (линия 2 на рисунке 2.2), величина достоковой нормы и несущей способности почвы соответственно возрастает до 450 м³/га и 70 кПа.

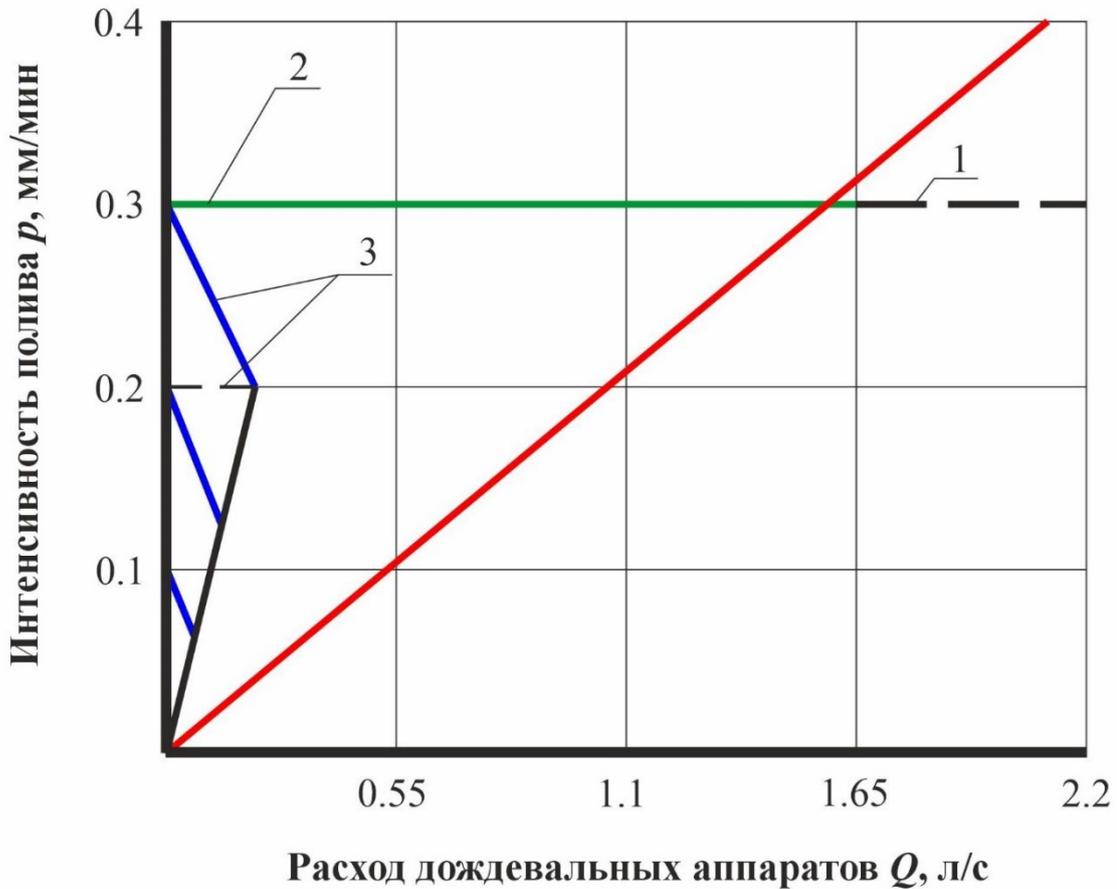


1, 2, 3 – интенсивность подачи воды ρ соответственно, 0,20; 0,30; 0,40 мм/мин.

Рисунок 2.1 – Зависимость несущей способности почвы от величин достоковой нормы внесения воды и стока

В целях сохранения, исходя из преодоления машиной положительного уклона $i = 0,03$, отрегулированных расходно-напорных характеристик дождевальных аппаратов, особенно в концевой части машины ($Q = 1,6 - 1,7$ л/с, $H = 0,30 - 0,32$ МПа), для исключения еще имеющегося стока величиной $m_{ст} = 50$ м³/га определяемого непосредственно наклонной поверхностью, повышение несущей способности почвы до 80 кПа и более возможно снижением интенсивности подачи воды до $\rho = 0,20$ мм/мин. Этого можно достичь, увеличением площади распыла струи дождевальных аппаратов, обуславливающим снижение мгновенной

интенсивности подачи воды и, как следствие, среднего ее значения (с 0,3 до 0,2 мм/мин) (рисунок 2.1).



1 – диапазон уменьшения, посредством регулирования, расхода дождевальных аппаратов; 2, 3 – средняя интенсивность подачи воды дождевальным аппаратом соответственно без рассекателя струи и с ним.

Рисунок 2.2 – Зависимость интенсивности подачи воды от расхода дождевальных аппаратов и обрабатываемой им площади

Увеличением площади распыла струи, может быть обеспечено введением в струю дождевального аппарата машины, на оптимизированное значение, части диаметра сопла винта-рассекателя.

Анализируя эксплуатационные показатели работы ДМ кругового действия «Кубань-ЛК» выявлено, что при работе машины на склоновых участках, вследствие переувлажнения почвенной поверхности ($m = 500 \text{ м}^3/\text{га}$) наблюдается частое срабатывание аварийной защиты из-за буксования самоходных тележек, особенно последней и консольной части, что ведет к удлинению сроков работы машины. Так,

базовая модификация дождевальной машины МДЭК-474-65-01 выполняет три оборота, в среднем за 150 часов, а при частых аварийных остановка от 3 до 5, этот показатель возрастает до 190 часов, что негативно влияет на технологию полива. Также, указанный фактор, существенно уменьшает коэффициент использования рабочего времени смены, а соответственно и общую производительность машины до 2,8 га или на 38 – 40%, которая при безотказной ее работе ($K_{см} = 0,94$) составляет 3,8 га (за 8-ми часовую смену).

Также отрицательная тенденция по снижению производительности дождевальной машины сохраняется и при выполнении других поливных норм, что влечет дополнительную выработку машины в целом.

Учитывая, что дождевальная машина при поливе попеременно передвигается по различным, с точки зрения уклона, площадям, определяющим колебание расходно-напорных характеристик по ее длине, то для поддержания перед дождевальными аппаратами постоянных значений отмеченных параметров, необходима разработка автоматизированных регулирующих устройств, снижающих расход и интенсивность дождевальных аппаратов.

При оценке эксплуатационных показателей работы дождевальной машины необходимо рассчитать ее часовую, сменную, суточную и сезонную производительность определяемую общую эффективность работы, а также показатели урожайности сельскохозяйственных культур.

Так, для определения часовой производительности (га/ч) дождевальной машины необходимо воспользоваться зависимостью 2.13 [21]:

$$\omega_{\text{час}} = \frac{3,6 \times Q}{t \times \beta_0} \quad (2.13)$$

где: Q – рабочий расход дождевальной машины, л/с;

t – поливная норма, м³/га;

β_0 – коэффициент, учитывающий потери воды на испарение во время дождевания (изменяется от 0.95 до 0.7).

Потери воды на испарение при обработке культуры зависят от интенсивности его подачи и структуры факела, скорости ветра, метеорологических условий, массива одновременной обработки. Средняя величина потерь воды на испарение и снос

ветром за вегетационный период составляет: для пустынной и полупустынной зоны – 10...12 %, для степной – 8...10 %, и лесостепной – 6...8 %. В критический период вегетации (июль) величина потерь примерно в 1,5 раза превышает приведенные осредненные данные.

Потери воды на испарение в период обработки сельскохозяйственной культуры можно установить по зависимости 2.14:

$$\beta_0 = t - \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right) \times (0,15 \times v + 0,71) \quad (2.14)$$

где: β – испарение воды при обработке почвы, %;

t – температура воздуха в момент обработки, °С;

α – относительная влажность воздуха, %;

v – скорость ветра, м/с.

Сменная производительность (га) дождевальная машины вычисляется по формуле 2.15:

$$\omega_{\text{см}} = \frac{3,6 \times Q \times t_{\text{см}} \times k_{\text{см}}}{m \times \beta_0} \quad (2.15)$$

где: $t_{\text{см}}$ – продолжительность смены, ч;

$k_{\text{см}}$ – коэффициент использования рабочего времени смены, учитывающий затраты времени на смену позиций, технический уход и обслуживание, ч.

Коэффициент использования рабочего времени смены, учитывающий различные процессы связанные с обслуживанием машины, ее транспортировкой на новую позицию, а также надежность ее работы, определяется по зависимости 2.16 [108]:

$$K_{\text{см}} = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \quad (2.16)$$

где: K_1 – коэффициент технического обслуживания машины;

K_2 – коэффициент надежности технологического процесса обработки почвы;

K_3 – коэффициент технологического обслуживания машины;

K_4 – коэффициент эксплуатационной надежности машины.

Коэффициент надежности технологического процесса обработки почвы K_2 определяет возможные непроизводительные остановки машины, связанные со срабатыванием аварийной защиты. Для упрощения представленной зависимости

2.16, обозначим произведение коэффициентов технического обслуживания, эксплуатационной надежности машины и технологического обслуживания, как обобщенный коэффициент K_5 . Коэффициент надежности технологического процесса обработки почвы K_2 запишем в виде $\frac{T_q}{T_q+n_i+t_i}$, где T_q – время чистой работы машины, ч; t_i – время простоя; n_i – число остановок машины из срабатывания электрозащиты. Тогда коэффициент использования рабочего времени смены $K_{см}$ запишется в виде:

$$K_{см} = K_5 + \frac{T_q}{T_q+n_i+t_i} - 1 \quad (2.17)$$

Хронометраж рабочего времени смены, в различных зонах страны, при использовании дождевальных машин и анализ нормообразующих факторов позволили установить, что величина коэффициента $K_{см}$ колеблется в пределах 0,82...0,94 – для широкозахватной техники. Большие значения коэффициента соответствуют более высоким нормам внесения воды, длинным гонам (бьефам) при использовании движущихся машин, рациональным технологическим схемам их использования и более высокой квалификации оператора.

Так, в среднем, при четырех аварийных остановках, наблюдается снижение коэффициентов K_2 и $K_{см}$ с 1,0 и 0,94 соответственно до 0,83 и 0,75, или на 17% и 19%.

Графики изменения коэффициента надежности технологического процесса полива от числа аварийных остановок, а также номограмма определения производительности (за час и смену) от расхода дождевальной машины, представлены на рисунках 2.3, 2.4.

Выявленный недостаток, снижает не только общую производительность дождевальной машины, но также и увеличивает продолжительность одного оборота, которая, по нормативным данным составляет около 50 часов, при поливной норме 500 м³/га. Продолжительность одного оборота машины определяется по зависимости 2.18:

$$T_{об} = \frac{2 \times \pi \times S_k}{V \times 60} \quad (2.18)$$

где: S_k – длина колеи последней тележки, м;

V – максимальная скорость движения последней тележки ДМ, м/мин.

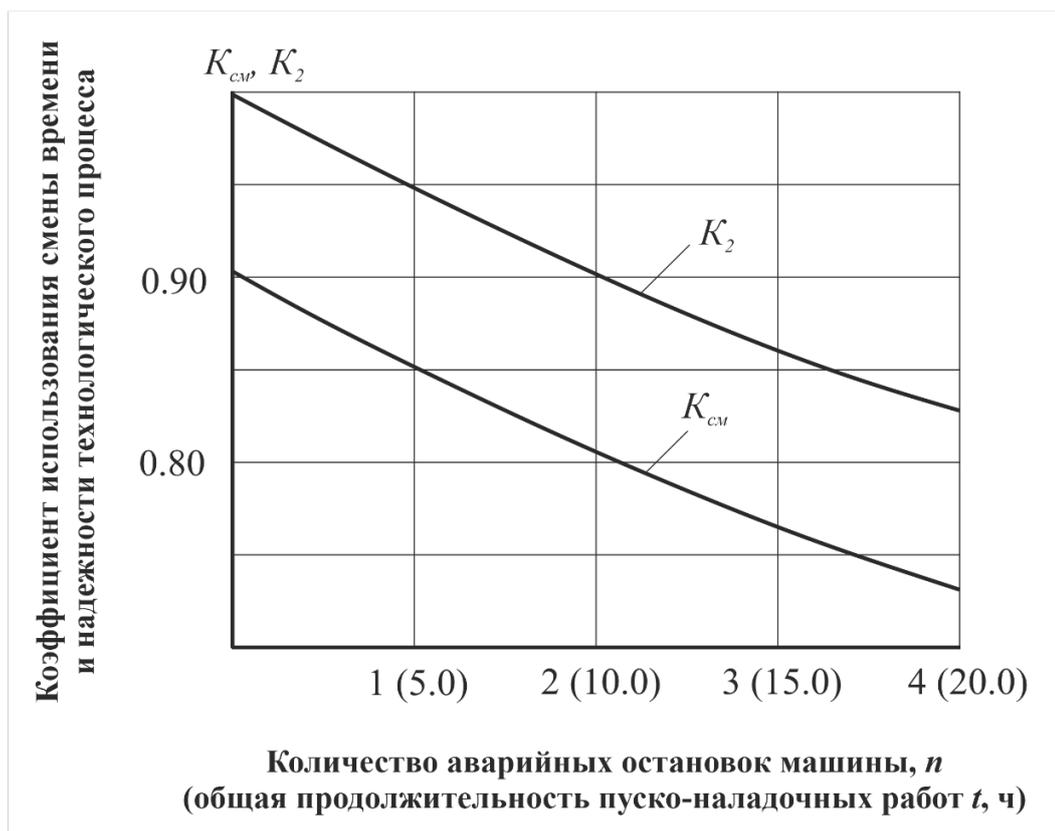


Рисунок 2.3 – Зависимость коэффициента использования времени смены K_{CM} от количества аварийных остановок дождевальной машины

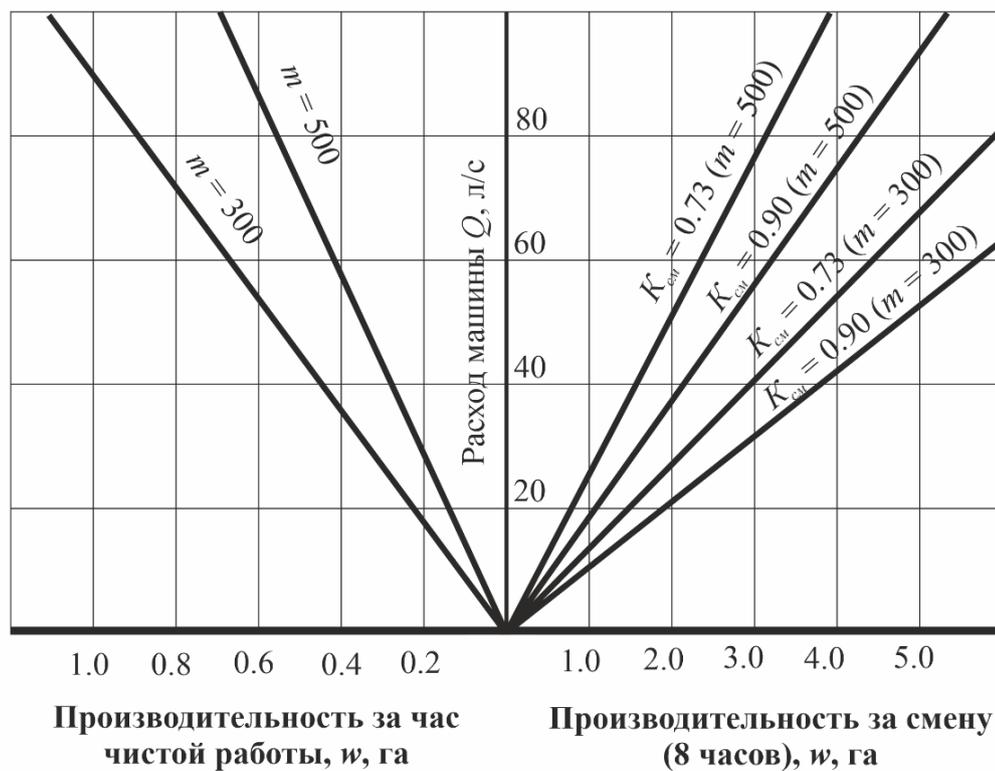


Рисунок 2.4 – Номограмма для определения производительности (за час и смену) от расхода дождевальной машины

Суточная производительность (га) дождевальной машины при использовании в несколько смен определяется по уравнению 2.19 [37]:

$$\omega_{\text{сут}} = \frac{86,4 \times Q \times K_{\text{сут}}}{m \times \beta_0} \quad (2.19)$$

где: $K_{\text{сут}}$ – коэффициент использования времени суток.

Коэффициент использования времени суток учитывает затраты времени для профилактических осмотров, ликвидации отказов на насосной станции и сети. При круглосуточной работе (24 ч) с учетом этих дополнительных затрат времени $K_{\text{сут}}$ практически всегда на 4 – 6% меньше $K_{\text{см}}$. В общем случае [109]:

$$K_{\text{сут}} = \frac{n \times t_{\text{см}} \times K_{\text{см}} \times K_0}{24} \quad (2.20)$$

где: n – количество рабочих смен;

K_0 – коэффициент, учитывающий дополнительные затраты времени суток (0,95).

Сезонная производительность (га) дождевальных машин (установок) определяется по зависимости 2.21:

$$\omega_{\text{сез}} = \frac{86,4 \times Q \times K_{\text{сут}} \times K_{\text{м}} \times K_6 \times T}{M_{\text{ср}} \times \beta_0} \quad (2.21)$$

где: T – продолжительность поливного периода, сутки;

$M_{\text{ср}}$ – оросительная норма, м³/га;

$K_{\text{м}}$ – коэффициент, учитывающий потери времени по метеоусловиям (критические скорости ветра), принимается равным 0,92...0,94;

K_6 – коэффициент, учитывающий потери времени на перебазировку (холостые перегоны), принимается равным 0,90...0,98.

Установить возможную нагрузку (га) на дождевальную машину в критический период вегетации, возможно по зависимости 2.22:

$$\omega_k = \frac{Q \times K_{\text{сут}}}{q_{\text{max}} \times \beta_0} \quad (2.22)$$

где: q_{max} – максимальная ордината гидромодуля по укомплектованному графику, $\frac{\text{л}}{\text{с}} \times \text{га}$.

Так, исходя из расчетных показателей работы дождевальной машины кругового действия «Кубань-ЛК1», при оснащении ее дождевальных аппаратов устройствами для регулирования их расхода и распыла струи, получено увеличение коэффициента

использования времени смены, согласно зависимости 2.36, до 0,94, что соответствует агротехническим требованиям. Полученное значение коэффициента использования времени смены напрямую влияет на увеличение общей производительности работы машины.

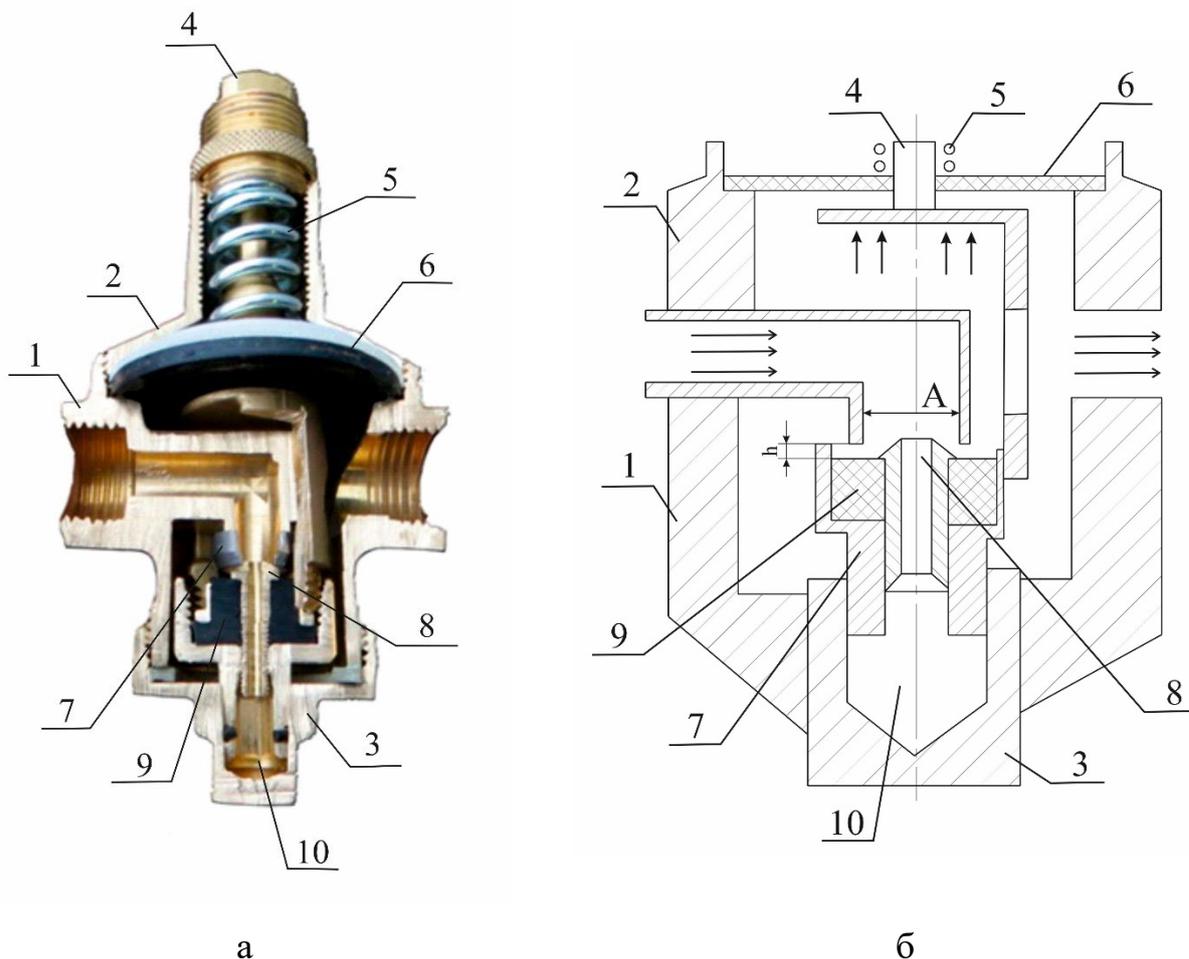
То есть, для обеспечения надежной работы дождевальной машины и в конечном счете, нормативной ее производительности на склоновых участках, необходимо увеличение досточковой поливной нормы за счет снижения интенсивности подачи воды, особенно в концевой части ДМ.

2.2. Усовершенствование устройства по регулированию расхода дождевальных аппаратов ДМ «Кубань-ЛК1»

Для обеспечения равномерного полива сельскохозяйственных площадей с интенсивностью и качеством дождя, удовлетворяющих агротехническим требованиям, а также исключающих образование поверхностного стока и эрозию почвы, используются дождевальные аппараты. Поскольку машина выполняет полив в движении по кругу, то аппараты, установленные в конце водопроводящего трубопровода, должны поливать большую площадь, чем аппараты, расположенные в начале машины. По данным, ТУ 4734-350-00008064-2005, дождевальная машина «Кубань-ЛК1», оснащается четырьмя типами аппаратов, в соответствии с условиями эксплуатации машины. Для условий склоновых земель и, в соответствии со схемой расстановки дождеобразующих устройств, для уклонов 0,03 – 0,05, на дождевальной машине «Кубань-ЛК» установлены дождевальные аппараты №3 (рисунок 1.29).

Для обеспечения требуемого расхода и интенсивности дождя, указанных дождевателей, необходимо использование регулирующих устройств. Так модификацией регулятора расхода, отвечающей критерию по весовой характеристике ($m < 0.50$ кг) является модель марки Valtec VT.085, однако с расходом меньшим, чем требуется для дождевальных аппаратов машины «Кубань-ЛК1» (0,70 л/с против 1,6 – 1,7 л/с). Отмеченное предопределило усовершенствование малорасходного регулятора расхода в большерасходный с оптимизацией соответствующих его параметров [36].

Регулятор расхода марки Valtec VT.085 состоит из корпуса 1, крышки 2, пробки 3, настроечной втулки 4, пружины 5, мембраны 6, распределительного кольца 7, винта золотника с каналом 8, золотниковой прокладки 9 и демпферной камеры 10, а также имеет проходное сечение А (рисунок 2.5) [34, 35, 38].



1 – корпус; 2 – крышка; 3 – пробка; 4 – настроечная втулка; 5 – пружина; 6 – мембрана, 7 – распределительное кольцо; 8 – винт золотника с каналом; 9 – золотниковая прокладка; 10 – демпферная камера

а – общий вид регулятора расхода; б – схема регулирующего устройства

Рисунок 2.5 – Схема регулятора расхода дождевальных аппаратов

Выбранное регулирующее устройство работает следующим образом. Вода поступает в корпус регулятора на золотник через входной канал. Когда сила входного и сила выходного давления меньше, чем сила пружины, действующей на эластичную мембрану, золотник, под действием настроечной пружины, через шток состоящий из верхней части, цилиндрической и нижней частей, находится в открытом состоянии. При уменьшении давления на выходе из регулирующего устройства золотник

постепенно закрывается, дросселируя поток. При этом настройка регулятора расхода производится втулкой, а ее фиксация выполняется стопорной гайкой. Демпферная камера через канал золотника связана с поступающей средой, поэтому при резких перепадах входного давления, она замедляет колебания штока с золотником [51].

Расчет параметров регулирующего устройства, начинается с определения величины пропускной способности (K_v), определяемой по выражению (2.23) [13, 44, 122]:

$$K_v = Q \times \sqrt{\frac{\rho}{1000 \times \Delta p}} \quad (2.23)$$

где: K_v – коэффициент пропускной способности;

Q – объемный расход, л/с;

ρ – плотность, кг/м³;

Δp – перепад давления ($p_2 - p_1$), МПа;

p_1 – входное давление, МПа;

p_2 – выходное давление, МПа.

Методика расчета отдельных элементов регулирующего устройства учитывает, что все искомые параметры зависят от габаритных размеров, обуславливаемых диапазоном регулирования, расходно-напорных характеристик, определяющие, в свою очередь, параметры проходного сечения A , мембраны со штоком и пружины.

В соответствии с агротехническими требованиями, расход воды, в концевой части (в районе последней тележки и консоли), должен составлять 1,6 – 1,7 л/с. Такой расход возможно обеспечить уменьшением материалоемкости малорасходной модификации регулирующего устройства. Это достигается за счет увеличения площади выходного сечения A , с сохранением габаритных характеристик типовой модификации.

Так, полезная площадь проходного сечения будет зависеть от диаметра проходного сечения и определяется по выражению (2.24):

$$S_{\text{эф.}} = \frac{\pi \times d^2}{4} \quad (2.24)$$

где: d – диаметр входного отверстия, мм;

h – высота подъема клапана со штоком, мм.

При подборе высоты подъема клапана со штоком не допускается скорость движения жидкости, в регулирующем устройстве, выше $V = 15$ м/с, следовательно площадь сечения отверстия перед клапаном должна быть больше критической $S_{кр} \geq \frac{Q}{V} = \frac{1,65 \times 10^{-3}}{15} = 0,00011 \text{ м}^2 = 110 \text{ мм}^2$, что соответствует, согласно выражению (2.25) искомому диаметру [74]:

$$d = \sqrt{\frac{S_{эф. \times 4}}{\pi}} = \sqrt{\frac{110 \times 4}{3,14}} = 11,8 \text{ мм} \quad (2.25)$$

где: d – диаметр выходного отверстия регулятора расхода, м;

$S_{эф.}$ – критическая площадь сечения патрубка, м^2 .

Таким образом, увеличение диаметра проходного отверстия до 11,8 мм позволит обеспечить требуемый расход регулирующего устройства, с учетом положительного уклона и напора перед ним. Так, при максимально допустимом положительном уклоне $i = 0,03$, напор перед регулятором расхода, в соответствии с техническими характеристиками дождевальных аппаратов, должен составлять не менее 30 м.вод.ст., при этом расход усовершенствованного регулирующего устройства находится на требуемом уровне и составляет $Q = 1,6$ л/с против $Q = 0,8$ у серийной модификации (рисунок 2.6).

Исходя из вышеуказанного, произведем теоретический расчет точности регулирования усовершенствованного регулятора расхода, для подтверждения выдвигаемой гипотезы по усовершенствованию регулятора меньшего по массе, с учетом сохранения требуемых напорных характеристик. Для этого необходимо проанализировать механизм работы усовершенствованной модели.

При обосновании параметров регулятора расхода напор на его входе, с учетом потерь на трение в трубопроводе ДМ и изменения геодезической высоты положения соответствующего дождевального аппарата относительно неподвижной опоры, определяется с учетом выражения (2.25) на входе в регулятор:

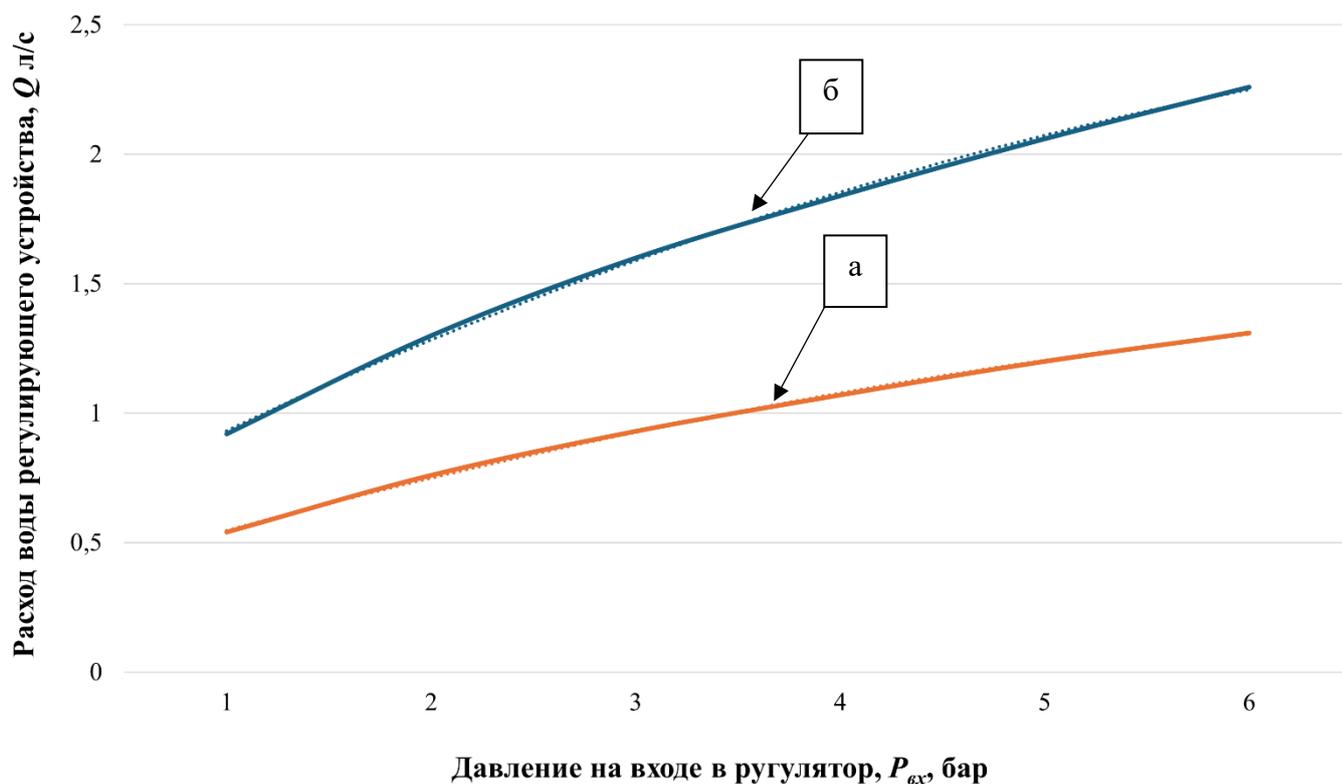
$$p_2 = p_1 - \frac{\gamma}{2 \times g} \times \left(\frac{Q}{\mu \times \pi \times d \times h} \right) \quad (2.26)$$

Номинальный расход регулятора обеспечивается соотношением [76]:

$$F_{\text{пр}} + P_{\text{вх}} \times (S_{c1} - S_{\text{шт}}) = P_{\text{вых}} \times S_{c2} \quad (2.27)$$

где: $F_{\text{пр}}$ – сила, действующая со стороны пружины на мембрану и запорный элемент, Н;

$P_{\text{вх}}$ – давление на входе в регулятор, МПа.



а – серийный; б – усовершенствованный.

Рисунок 2.6 – Расходно-напорные характеристики регулирующего устройства мембранного типа

Как видно из выражения 2.27, одним из основных факторов, влияющим на водный расход и надежность работы регулятора, является правильность подбора пружины. Для данных целей необходимо применение пружины, которая должна выбираться из условия неограниченного вибрационного действия и рассчитываться на выносливость. При этом выбор материала для нее должен производиться с учетом его выносливости в тех условиях (температурных, коррозионных и т.д.), в которых предстоит работать.

Предел выносливости в сильной степени зависит от состояния поверхности пружины и влияния условий работы на поверхностный слой ее витков (коррозия, износ и другие повреждения).

При этом основной зависимостью при расчете параметров пружины на прочность является [77]:

$$8 \times k \times F_{\text{кон}} \times \frac{D_{\text{пр}}}{\pi \times d_{\text{п}}^3} = [\tau] \quad (2.28)$$

где k – коэффициент, зависящий от формы пружины и кривизны витка;

$F_{\text{кон}}$ – сила, действующая на пружину в конце процесса нагружения, Н;

$D_{\text{пр}}$ – средний диаметр пружины, м;

$d_{\text{п}}$ – диаметр проволоки, м;

$[\tau]$ – допустимое напряжение, Па.

Требуемая жёсткость пружины z (Н/мм) рассчитывается по выражению (2.29):

$$z_{\text{пр}} = \frac{\pi}{4 \times \Delta x} \times (P_{\text{вых}} \times d^2 - P_{\text{вх}} \times (d^2 - d_{\text{шт}}^2)) \quad (2.29)$$

где: d – диаметр выходного отверстия регулятора расхода, м; Δx – коэффициент упругости, Н/м; $d_{\text{шт}}$ – диаметр штока регулятора, мм; $p_{\text{вх}}$ – давление на входе в регулятор, МПа; $p_{\text{вых}}$ – давление на выходе из регулятора, МПа;

Максимальное усилие пружины, необходимое для обеспечения проходных сечений в регуляторе при максимальном входном и выходном давлении, равно:

$$F_{\text{пр}} \text{ max} = \frac{\pi}{4} \times (P_{\text{вых}} \text{ max} \times d_c^2 - P_{\text{вх}} \text{ max} \times (d_c^2 - d_{\text{шт}}^2)) \quad (2.30)$$

Диаметр проволоки определяется по выражению (2.30)

$$d_{\text{пр}} = \frac{1,6 \times \sqrt{k \times F_{\text{кон}} \times c}}{[\tau]} \quad (2.31)$$

где c – индекс пружины.

$$c = \frac{D_{\text{пр}}}{d_{\text{п}}} \quad (2.32)$$

Параметры пружины, обеспечивающие работу регулятора расхода с необходимыми характеристиками, должны быть:

$$F_{\text{min}} \leq 1,1040 \text{ кН} \dots F_{\text{max}} \geq 1,1460 \text{ кН}$$

Указанным требованиям соответствует пружина с параметрами витка по ГОСТ 13770-88 №335 и числом витков $n = 9,5$, $d = 2,2$ мм; $D_1 = 28$ мм.

$$z_{\text{пр}} = \frac{\Delta F}{\Delta x} = \frac{(1,1460-1,1040)}{3,1 \times 10^{-3}} = 13,56 \text{ кПа} = 1,48 \text{ Н/мм}$$

при $n = 9.5$: $F_1 = 1,1 \pm 0,01 \text{ кН}$; $H_1 = 36 \text{ мм}$; $z_{\text{пр}} = 1,48 \text{ Н/мм}$.

Так как, представленный регулятор расхода является устройством мембранного типа, то целесообразно записать уравнение движения мембраны с клапаном, обеспечивающие закономерности его работы:

$$m_k \ddot{x} = (p_1 - p_a) S_n - (p_2 - p_a) S_{\text{мембр.}} + kx - a\dot{x} - F_{\text{тр.}} \quad (2.33)$$

где: p_a – атмосферное давление, МПа;

p_1 и p_2 – давление на входе и выходе из регулятора, МПа;

S_n – площадь сечения, м²;

k – коэффициент жесткости пружины, Н/м;

x – перемещение клапана, м;

a – коэффициент сопротивления жидкости, Па*с;

$F_{\text{тр}}$ – сила трения клапана, Н.

m_k – масса клапана, кг.

Исходя из изложенного, с помощью метода Адамса, осуществим интегрирование представленного выражения (2.33). Шаг интегрирования определяется автоматически, с учетом аппроксимации [19].

Обозначим, что:

$$A = (p_1 - p_a) \times S_n - (p_2 - p_a) \times S_{\text{мембр.}} \quad (2.34)$$

Представим уравнение (2.34) в виде:

$$m_k \ddot{x} = A - kx - a\dot{x} - F_{\text{тр.}} \quad (2.35)$$

Сгруппируем переменные:

$$x + \frac{a\dot{x}}{m_k} - \frac{k}{m_k} x = \frac{A - F_{\text{тр.}}}{m_k} \quad (2.36)$$

Рассмотрим соответствующее однородное дифференциальное уравнение:

$$\ddot{x} + \frac{a}{m_k} \dot{x} + \frac{k}{m_k} x = 0 \quad (2.37)$$

С учетом постоянных показателей интегрирования, выражение, описывающее закон движения клапана с мембраной, имеет вид:

$$x = \left(-\frac{(p_1 - p_a) \times S_n - (p_2 - p_a) \times S_{\text{мембр.}} - F_{\text{тр.}}}{\beta \delta m_k (\delta - \beta)} e^{\beta t} - \frac{C_2}{\delta - \beta} e^{(\delta - \beta)t} + C_1 \right) e^{\frac{\alpha - \sqrt{\alpha^2 + 4km_k}}{2m_k} t} +$$

$$+ \left(-\frac{(p_1 - p_a) \times S_n - (p_2 - p_a) \times S_{\text{мембр.}} - F_{\text{тр.}}}{\delta m_k (\delta - \beta)} e^{-\beta t} + C_2 \right) e^{\frac{\alpha + \sqrt{\alpha^2 + 4km_k}}{2m_k} t} \quad (2.38)$$

где: $S_{\text{мемб.}}$ – площадь сечения мембраны, м²; t – время стабилизации процесса регулирования, сек; β , δ , C_1 , C_2 – постоянные интегрирования.

Также точность регулирования зависит от коэффициента силового соотношения k_f в процессе регулирования:

$$k_f = \frac{F_{\text{тр.}}}{(p_1 - p_a) \times S_n - (p_2 - p_a) \times S_{\text{мембр.}}} \quad (2.39)$$

Теоретически рассчитанные допустимые отклонения от настроечного давления, при резких изменениях входного давления, при регулировании модернизированным устройством, составляет, как у серийного регулятора расхода 95% и более, что подтверждается графиком стабилизации переходных процессов основанным на поисковых исследованиях (рисунок 2.7), то есть отклонение давления на выходе от заданной его величины. Указанное также подтверждено результатами поисковых исследований.

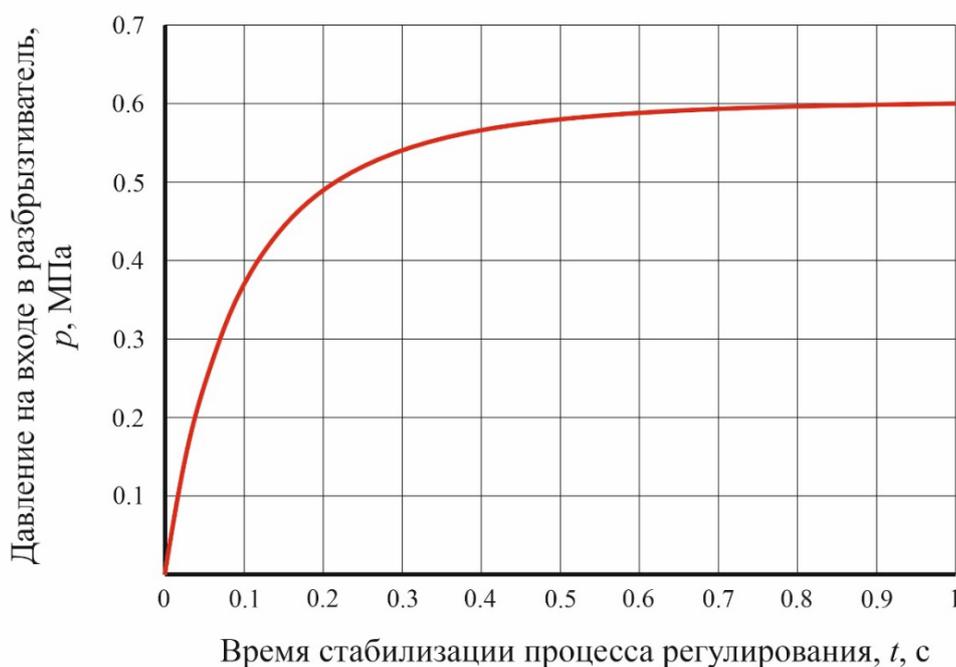


Рисунок 2.7 – График стабилизации переходного процесса в модернизированном регулирующем устройстве

Теоретическими исследованиями установлено, что время стабилизации клапана с мембраной регулятора расхода определяется площадью сечения проходного отверстия и жесткостью пружины клапана регулятора. При увеличении проходного сечения регулятора необходимо увеличить жесткость его пружины. Наименьшее время стабилизации хода клапана (время регулирования давления) при сохранении необходимого расхода получено при диаметре проходного сечения 11,8 мм и жесткости пружины 1,48 Н/мм.

Сравнительная характеристика серийного и усовершенствованного регуляторов представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристики серийного и усовершенствованного регуляторов расхода мембранного типа

№ п. п.	Наименование показателя	Единицы измерения	Значения	
			Серийный	Усовершенствованный
1	2	3	4	5
Дождевальная установка №3				
1.	Расход поливной воды	л/с	1,6 – 1,7	
2.	Давление на выходе струи	МПа	0,38 – 0,50	
3.	Радиус захвата (по крайним каплям), м	м	16-24	
4.	Частота вращения	мин ⁻¹	0,25 – 0,50	
5.	Диаметры основного сопла	мм	5,6	
6.	Интенсивность дождя	мм/мин	0,2	
7.	Диаметр вспомогательного сопла	мм	4,3	
8.	Масса дождевальной установки	кг	1,17	
Регулирующее устройство				
9.	Рабочее давление	бар	25	25
10.	Пределы регулирования	бар	1...7	1...7
11.	Расход	м ³ /ч	2,26	5,93

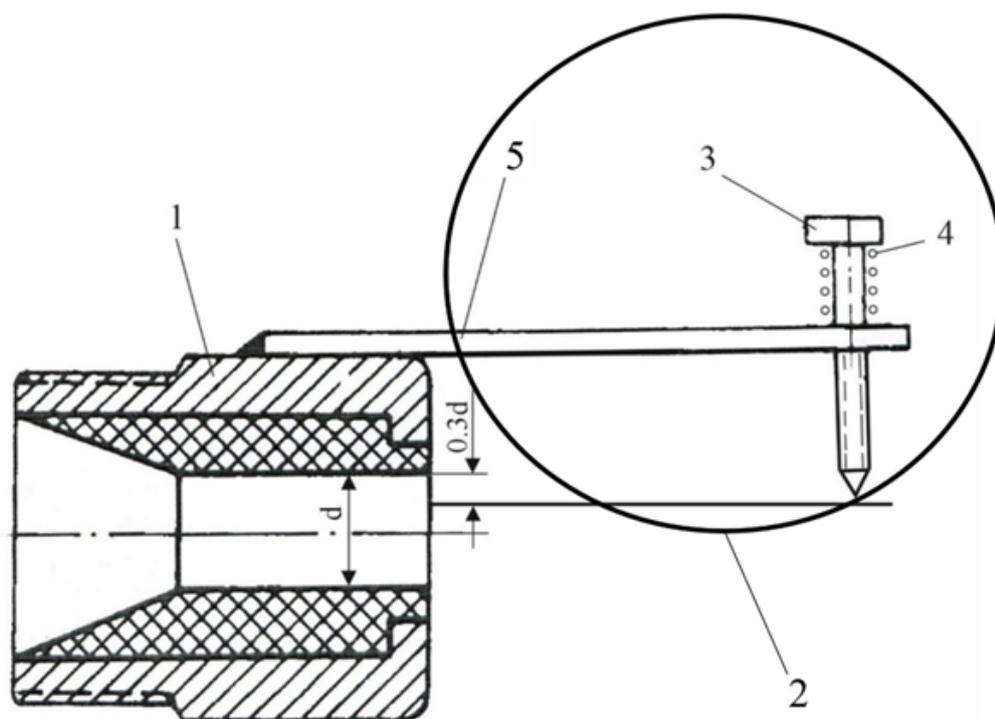
Продолжение таблицы 2.1 – Характеристики серийного и усовершенствованного регуляторов расхода мембранного типа

№ п. п.	Наименование показателя	Единицы измерения	Значения	
			Серийный	Усовершенствованный
1	2	3	4	5
12.	Значение диаметра входного отверстия	м	0,010	0,0118
13.	Условная пропускная способность	м ³ /ч	3,6	4,5
14.	Жесткость пружины	Н/мм	1,21	1,48
15.	Допустимые отклонения от настроечного давления	%	±5	±5
16.	Масса	кг	0,9	0,4

Таким образом, можно заключить, что теоретические исследования по расчету и обоснованию параметром регулирующего устройства подачи воды дождевальными аппаратами в концевой части ДМ «Кубань-ЛК1» показали, что наиболее подходящих для указанных задач может быть усовершенствованный регулятор расхода мембранного типа, обоснованность которого, определяется меньшей материалоемкостью (на 50 – 60%), с сохранением требуемой точности регулирования (95% – 97%).

2.3. Обоснование способа установки рассекателя для регулирования площади распыла струи дождевального аппарата

Сопло дождевального аппарата с рассекателем стержневого типа представлен на рисунке 2.8. При поливе жидкость, проходя через сопло, ускоряется и ударяется о винт рассекателя, что приводит к нарушению сплошности струи и вызывает колебательные процессы, способствующие распаданию струи на капли. Чем глубже винт погружается в струю, тем шире факел распыла и меньше длина струи. Таким образом, изменение факела распыла и длины струи будет влиять на распределение слоя воды дождевальными аппаратами [89].

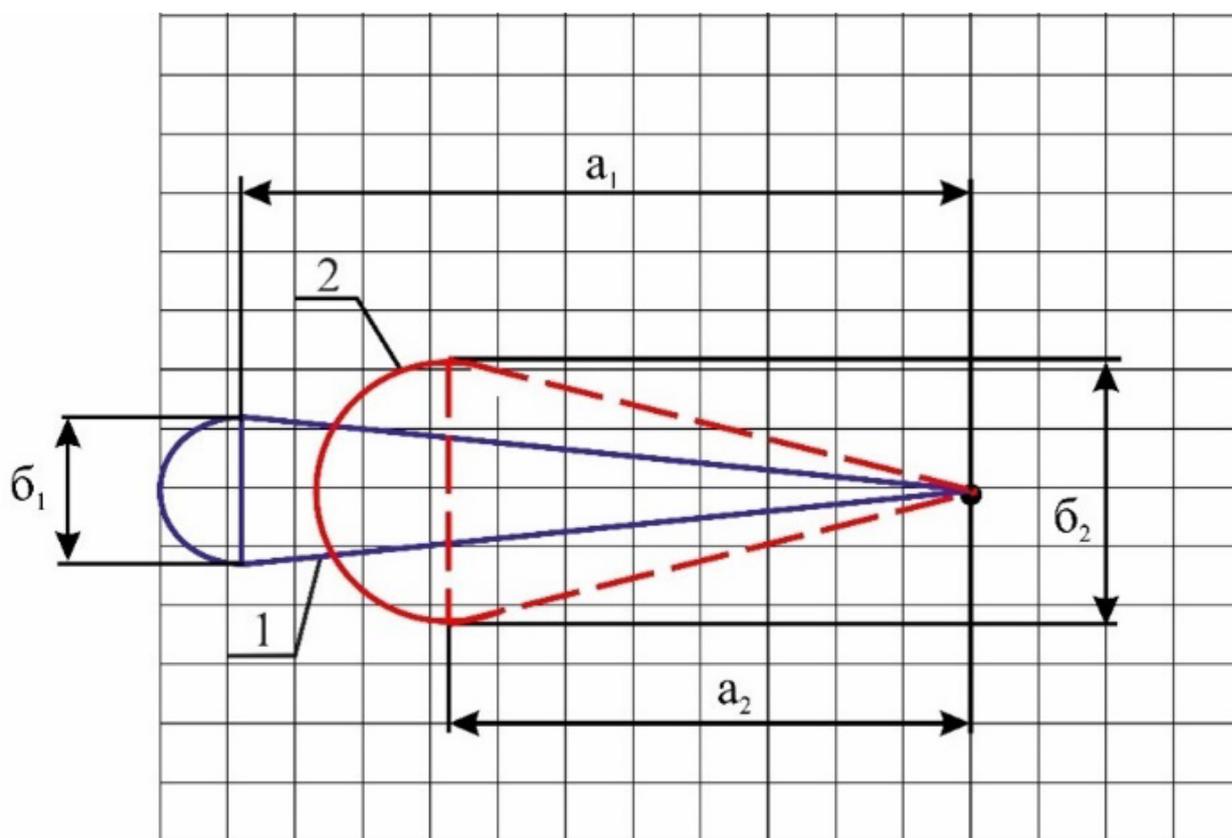


1 – сопло; 2 – рассекатель стержневого типа; 3 – винт рассекателя; 4 – пружина рассекателя; 5 – планка рассекателя

Рисунок 2.8 – Сопло дождевального аппарата с рассекателем

Теоретический график распределения слоя воды под дождевальными аппаратами в концевой части дождевальной машины «Кубань-ЛК1» представлен на рисунке 2.9 определяющий, для склонового участка, исходя из эффективно обработанной площади кольца круга, и среднего отрегулированного расхода дождевальных аппаратов, для базовой модификации машины ($Q = 1,65$ л/с), среднее значение интенсивности дождя $\rho = 0,3$ мм/мин с образованием, как отмечалось, поверхностного стока воды $m_{ст}$ в пределах $40 - 60$ м³/га.

Исключение указанной величины стока, при сохранении расхода воды (1,65 л/с), и как следствие повышение досточковой поливной нормы, возможно за счет увеличения эффективной площади полива. Этого можно достичь посредством ступенчатого уменьшения показателя средней интенсивности дождя дождевальных аппаратов до 0,20 мм/мин (до 0,3 – снижение за счет регулирующего устройства). Уменьшить среднюю интенсивность дождя возможно за счет распыла струи, посредством внедрения в факел раствора винта-рассекателя на 0,3 величины его диаметра (рисунок 2.8) [85].



1 – площадь распыла без рассекателя; 2 – площадь смещения факела дождя

Рисунок 2.9 – Площадь полива дождевальным аппаратом «Фрегат №3»

Отмеченное позволяет снизить мгновенную интенсивность подачи воды под дождевальным аппаратом ρ_M , за счет увеличения площади распыления в 1,5 раза.

Согласно известной зависимости (2.15) Н.И. Поспелова, мгновенная интенсивность снижается с 3,3 до 2,2 мм/мин и факел дождя перераспределяется с увеличением его ширины и уменьшением длины (рисунок 2.9) [67, 128]:

$$\rho_M = \frac{120 \times Q \times r}{b \times R^2} \quad (2.40)$$

где: r – расстояние от центра установки дождевального аппарата, м;

b – ширина зоны, обрабатываемой дождевальным аппаратом от центра его установки, м;

R – радиус действия дождевального аппарата, м.

Среднее значение интенсивности подачи воды $\rho_{ср}$, исходя из отношения $\frac{\rho_M}{\rho_{ср}} \left(\frac{3,3}{0,3} \right)$ характеризуется соответствующим коэффициентом уменьшения ее мгновенной величины ($K_1 = 11$).

Исходя из данных расчетных исследований полученные значения площади полива соответствуют глубине внедрения винта-рассекателя на 0,3 диаметра сопла дождевального аппарата:

- площадь полива без рассекателя (рисунок 2.9, фигура 1):

$$S = S_{\Delta 1} + S_{D1} = \frac{a_1 \times b_1}{2} + \frac{\pi \times b_1^2}{8} \quad (2.41)$$

где: $S_{\Delta 1}$ – площадь треугольника фигуры 1, м²;

S_{D1} – площадь сектора фигуры 1, м²;

a_1 – длина захвата дождевального аппарата без рассекателя, м;

b_1 – ширина захвата дождевального аппарата без рассекателя, м;

- площадь полива с рассекателя (рисунок 2.9, фигура 2):

$$S_p = S_{\Delta 2} + S_{D2} = \frac{a_2 \times b_2}{2} + \frac{\pi \times b_2^2}{8} \quad (2.42)$$

где: $S_{\Delta 2}$ – площадь треугольника фигуры 2, м²;

S_{D2} – площадь сектора фигуры 2, м²;

a_2 – длина захвата дождевального аппарата с рассекателем, м;

b_2 – ширина захвата дождевального аппарата с рассекателем, м;

Тогда коэффициент увеличения мгновенной площади распыла струи определяется как отношение двух площадей обработки:

$$K_2 = \frac{S_p}{S} = \frac{a_2 \times b_2 + \frac{\pi \times b_2^2}{4}}{a_1 \times b_1 + \frac{\pi \times b_1^2}{4}} \quad (2.43)$$

Однако, глубина внедрения винта-рассекателя ограничивается агротехническими требованиями по максимальному уменьшению радиуса обработки, исходя их показателей по перекрытию соседних дождевальных аппаратов и составляют не более 0,6 м [3].

Тогда зависимость по оценке средней интенсивности подачи воды дождевальным аппаратом при распыле его струи рассекателем, с учетом выражений (2.40 и 2.43) запишется в следующем виде:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{120 \times Q \times r}{K_1 \times K_2 \times b \times R^2} \quad (2.44)$$

где K_2 – коэффициент увеличения мгновенной площади распыла струи дождевального аппарата рассекателем ($K_2 = 1,5$).

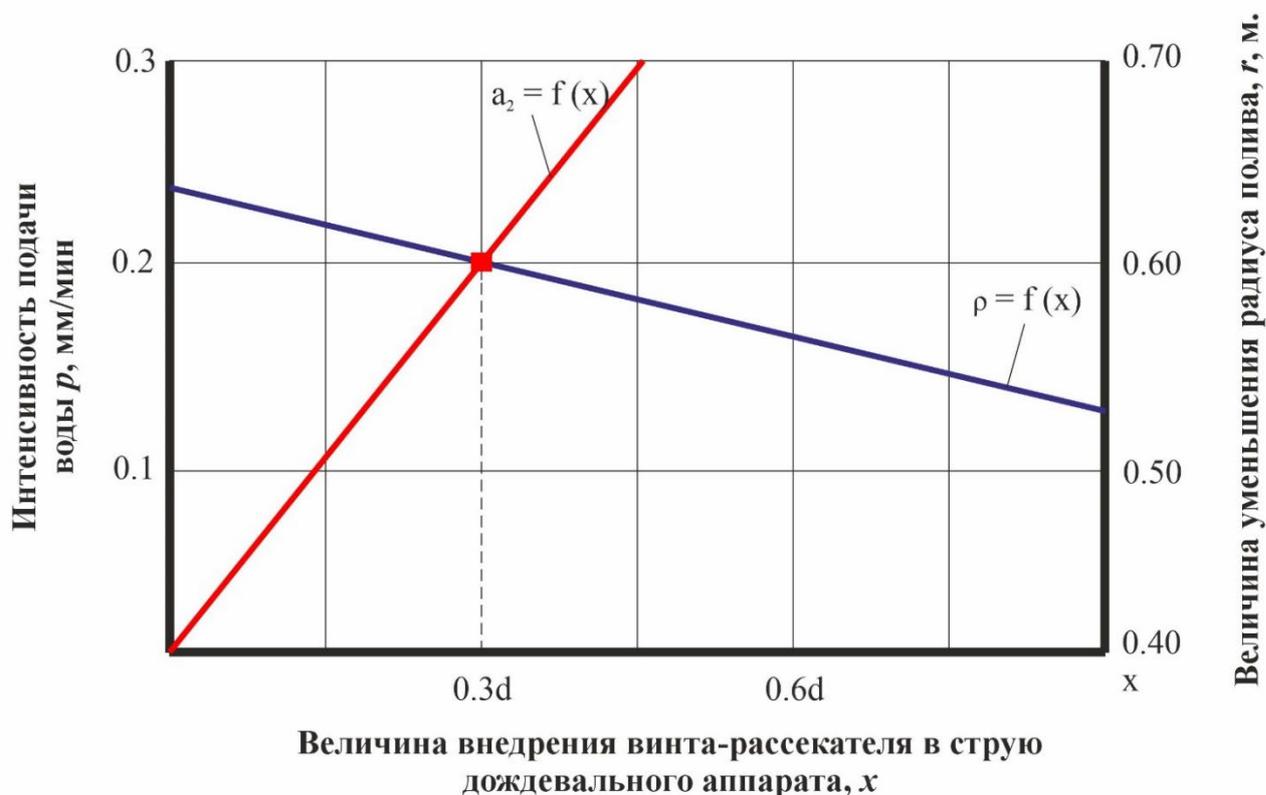


Рисунок 2.10 – Обоснование величины внедрения стержня в струю дождевального аппарата

На основе полученных теоретических показателей установки и настройки стержневого рассекателя дождевальных аппаратов, можно заключить, что оптимальные значения по интенсивности подачи воды, при внедрении винта в факел воды, находятся на пересечении прямых 1 и 2 рисунка 2.10.

По данным теоретико-экспериментальных исследований выявлено, что внедряя винт-рассекатель в факел дождя, увеличивается коэффициент мгновенной площади распыла и, соответственно мгновенная площадь обработки на 50 – 100%.

Исследованиями дождевального аппарата с рассекателем установлено, что применение рассекателя позволяет увеличить мгновенную площадь орошения в 1,5 раза, за счет установки винта рассекателя на глубину $0,3d$ сопла, на диаметре сопла 5,6 мм глубина установки винта рассекателя М6 с конусной частью под углом 45° составляла 1,68 мм. Применение дождевального аппарата с рассекателем на машине

«Кубань-ЛК1» позволит обеспечить среднюю интенсивность подачи воды $\rho = 0,20$ мм/мин.

Выводы по второй главе

1. Снижение поверхностного стока воды, при работе дождевальной машиной кругового действия «Кубань-ЛК1» и от перепада ее геодезической высоты, и, собственно, самого уклона, возможно уменьшение средней интенсивности подачи воды с 0,4 до 0,2 мм/мин. Для осуществления отмеченного, определена необходимость оснащения дождевальной машины усовершенствованными устройствами, для регулирования расхода ($Q = 1,6 - 1,7$ л/с) и распыла их струи (увеличение мгновенной площади обработки).

2. Теоретическими исследованиями установлено, что время стабилизации клапана с мембраной регулятора расхода определяется площадью сечения проходного отверстия и жесткостью пружины клапана регулятора. При увеличении проходного сечения регулятора необходимо увеличить жесткость пружины клапана. Наименьшее время стабилизации хода клапана (время регулирования давления) при сохранении необходимого расхода получено при диаметре проходного сечения 11,8 мм и жесткости пружины 1,48 Н/мм.

3. Теоретическими исследованиями дождевального аппарата с рассекателем установлено, что применение рассекателя позволяет увеличить мгновенную площадь орошения в 1,5 раза, за счет установки винта рассекателя на глубину $0,3d$ сопла, на диаметре сопла 5,6 мм глубина установки винта рассекателя М6 с конусной частью под углом 45° составляла 1,68 мм. Применение дождевального аппарата с рассекателем на машине «Кубань-ЛК1» позволит обеспечить среднюю интенсивность подачи воды $\rho = 0,20$ мм/мин.

4. Теоретически установлено, что повышение, досточковой поливной нормы до $500 \text{ м}^3/\text{га}$ позволит повысить качество полива за счет увеличения коэффициента эффективного полива 0,74, а также обеспечить высокую производительность работы машины на уровне 0,38 га/ч.

ГЛАВА 3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В соответствии с планом работы были проведены исследования по оценке качества полива и технологического процесса работы дождевальной машины кругового действия «Кубань-ЛК1» при регулировании, усовершенствованными устройствами, расходно-напорных характеристик и распыла струи дождевальных аппаратов в лабораторных, лабораторно-полевых и производственных условиях при работе на склоновых участках [4, 31, 56].

В программу исследований входило:

1. Исследование параметров работы, с последующим анализом, усовершенствованного регулятора расхода и дождевального аппарата с рассекателем стержневого типа для распыла струи в лабораторных условиях.

2. Оценка качества и технологического процесса полива макетного образца дождевальной машины кругового действия «Кубань-ЛК1» при регулировании расходно-напорных характеристик и распыла струи дождевальных аппаратов в лабораторных условиях.

3. Оценка показателей работы усовершенствованной дождевальной машины «Кубань-ЛК1» при работе на склоновых участках в лабораторно-полевых условиях.

Экспериментальные исследования по оценке эксплуатационных показателей работы дождевальной машины «Кубань-ЛК1» проводилось по требованиям определяемых в следующих нормативах [23, 24, 25, 26, 30, 32, 60, 102, 117, 118]:

- ГОСТ ISO 15886-3-2017 Оборудование сельскохозяйственное оросительное. Аппараты дождевальные. Часть 3. Определение параметров распределения и методы испытаний;

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

- ГОСТ ИСО 8224-1-2004. Машины дождевальные подвижные. Часть 1. Эксплуатационные характеристики и методы лабораторных и полевых испытаний.

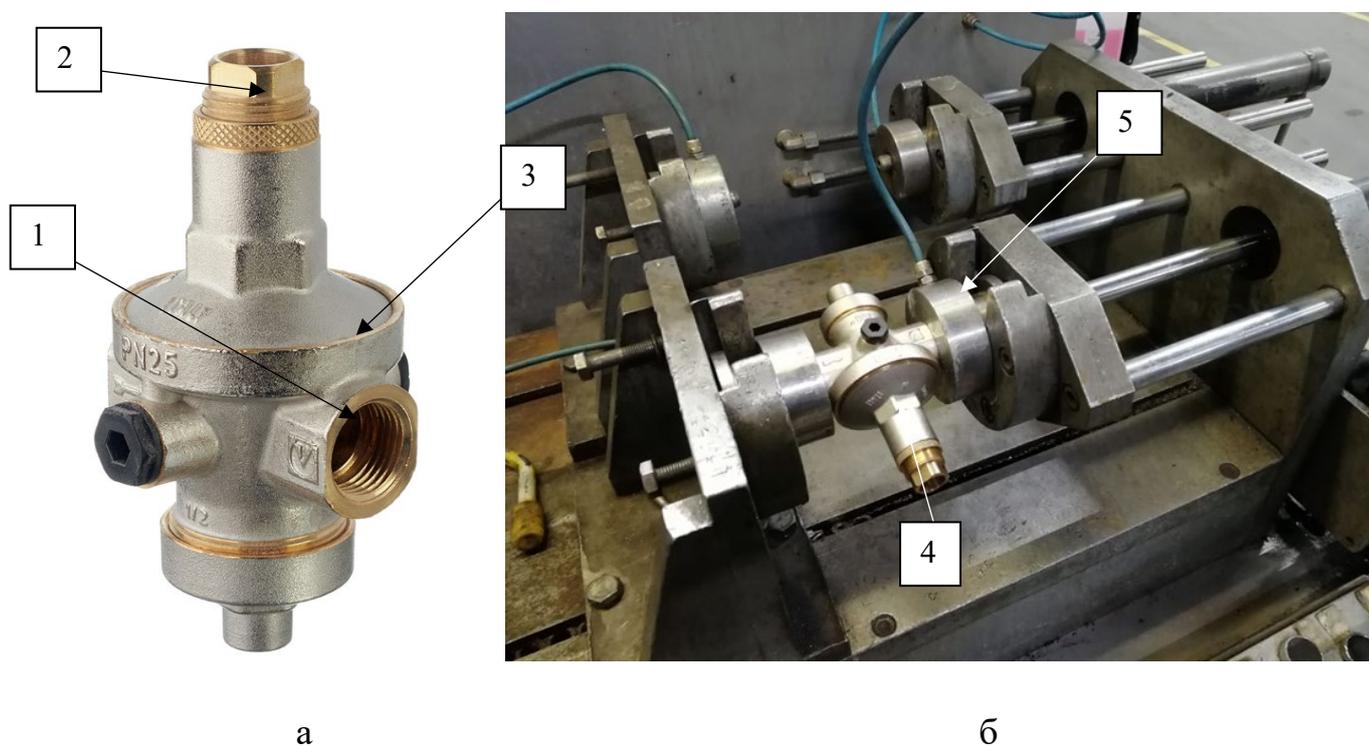
3.1. Методика экспериментальных исследований регулятора расхода в лабораторных условиях

На исследования был представлен усовершенствованный регулятор расхода марки Valtec VT.085 дождевальных аппаратов машины «Кубань-ЛК1» (рисунок 3.1, а), с рабочим давлением 0,25 МПа и пределами регулирования 0,1...0,7 МПа [49].

Целью экспериментальных исследований являлась проверка расчетных параметров работы, с последующим анализом, усовершенствованного регулятора расхода посредством оценки пропускной способности расхода воды и качества поддержания напора (давления) за ним.

В ходе осуществления лабораторных исследований регулирующего устройства использовались методические рекомендации, особенности которых представлены далее.

Испытания проводились на испытательном стенде модели «УРОКС-150М» (рисунок 3.1, б), технические характеристики которого представлены в таблице 3.1.



1 – входное отверстие; 2 – регулировочная гайка; 3 – корпус; 4 – испытательный участок; 5 – сопловый узел.

Рисунок 3.1 – Общий вид регулятора расхода (а) и испытательного стенда УРОКС-150М (б)

Таблица 3.1 – Технические характеристики испытательного стенда «УРОКС-150М» для исследования параметров регулятора расхода дождевальных аппаратов ДМ

№ п.п	Наименование показателя	Единицы измерения	Значения
1	2	3	4
1.	Диапазон воспроизводимых значений объемного расхода	м ³ /ч	от 0,02 до 1,36
2.	Температура рабочей жидкости	С°	от 10 до 40
3.	Давление рабочей жидкости на входах сопел	бар	до 46
4.	Оптимальное давление на входах испытательных линий	бар	от 15 до 17
5.	Предельно допустимое давление на входах испытательных линий	бар	18
6.	Температура окружающего воздуха	С°	от 15 до 25
7.	Влажность окружающего воздуха (при 25)	%	не более 80
8.	Барометрическое давление	мм. рт. ст.	от 720 до 770
9.	Пределы относительной погрешности: <ul style="list-style-type: none"> • воспроизведения расхода соплами: • определения объема по эталонному счетчику: • определения объема по мернику комбинированному: 	%	<ul style="list-style-type: none"> ±0.3 ±0.5 от 2,5 до 5 л. - ±0,3 25, 35, 55 л - ±0,05

Испытательная установка «УРОКС-150М» представляет собой узел из двух, параллельно подключенных насосов, производительность которых, соответственно, составляет 50 и 160 м³/ч, мерного бака объемом 4 м³, сопловых узлов (кавитационных) в количестве 9 штук, механизма настройки рабочего давления,

испытательных участков (2 шт.) турбинного расходомера РСТЭ-40, частотомера, преобразователя показателей расхода, калибровочного механизма и устройства для проверки автоцистерн.

Принцип работы установки УРОС-150М заключается, в создании необходимого значения расхода кавитационными соплами, а также сравнении стабильных показателей расхода с эталонными значениями поверяемых устройств. Воспроизведение стабильных показателей по расходу основано на эффекте стабилизации расхода при его течении через сопла в кавитационном режиме, и заключается в том, что при неизменных показателях давления на входе, расход рабочего раствора остается неизменным, при изменении давления на выходе.

Оценка расхода регулирующего устройства, при регулировании его расходно-напорных характеристик, производилась способом сбора (объемный способ) воды в мерную емкость с одновременным измерением давления и времени. Емкость бака составляла в 10 раз больше секундного расхода дождевального аппарата или $10 \times Q$ и оборудовалась мерной линейкой с ценой деления 1 мм, по которой определялся объем собранной воды. Продолжительность сбора жидкости составляла 30 секунд, с погрешностью ± 1 с.

При сборе воды в мерный бак, регулятор расхода устанавливался в центральную магистраль лабораторной установки. Магистраль имела проходное сечение, обеспечивающее безнапорный слив воды в бак. Отсечка поступающей в бак воды производилась отводом шланга в сторону по сигналу. Бак устанавливают по отвесу в строго вертикальном положении.

Для определения массы воды в баке производилось взвешивание с погрешностью $\pm 5\%$.

Расход регулирующего устройства определялся по зависимости [46]:

$$q_i = \frac{V_i}{t_i} \text{ дм}^3/\text{сек} \quad (3.1)$$

где V_i – объем воды в мерной ёмкости, дм^3 ;

t_i – время наполнения мерной емкости, с.

Все измерения осуществлялись в пятикратной повторности, ошибка проведения опыта не превышала 3%.

3.2. Методика экспериментальных исследований дождевального аппарата с рассекателем стержневого типа в лабораторных условиях

Для определения эффективности работы рассекателя проводились исследования по оценке параметров его работы при распыле струи дождевального аппарата, представляющего собой стержневой рассекатель, винт которого, внедряется в струю аппарата марки «Фрегат №3» с соплами 7,1 – 5,6 (рисунок 3.2).

Цель лабораторных исследований: проверка теоретических показателей работы дождевального аппарата с установленным рассекателем стержневого типа. При проведении исследований оценивались следующие показатели: площадь распыла (длина, ширина факела дождя); интенсивность подачи воды и величина поверхностного стока [28].

Оценка качественных показателей распределения и средней интенсивности дождя проводилась в соответствии с положениями, описанными в ГОСТ ISO 15886-3-2017.

Подготовка к исследованиям осуществлялась следующим образом. Дождевальный аппарат с рассекателем устанавливался на стояке, размер соединения которого совпадает с размером впускного соединения дождевального аппарата. Стояк с аппаратом был установлен строго вертикально, с соблюдением допустимого отклонения от вертикального положения во время испытания – 2° [15, 16].

При этом, дождевальный аппарат не отклонялся и не изгибался при испытаниях, а также отсутствовала вибрация стояка, способная привести к видимым изменениям в работе дождевального аппарата.

По методике проведения лабораторных испытаний, описанной в ГОСТ ISO 15886-3-2017, использовалась квадратная сетка для размещения дождемеров с дождевальным аппаратом с рассекателем, расположенным в центре сетки. Для обеих осей сетки использовался одинаковый шаг установки дождемеров 1 м [47].

Для этого применялись ёмкости (дождемеры) объемом 0,5 л и площадью сечения дна 78,5 см² ($d = 10$ см). Количество дождемеров определялось по

зависимости (3.2), а их расстановка осуществлялась по схеме «сетка» (1,0 м x 1,0 м) (рисунок 3.3) [81].

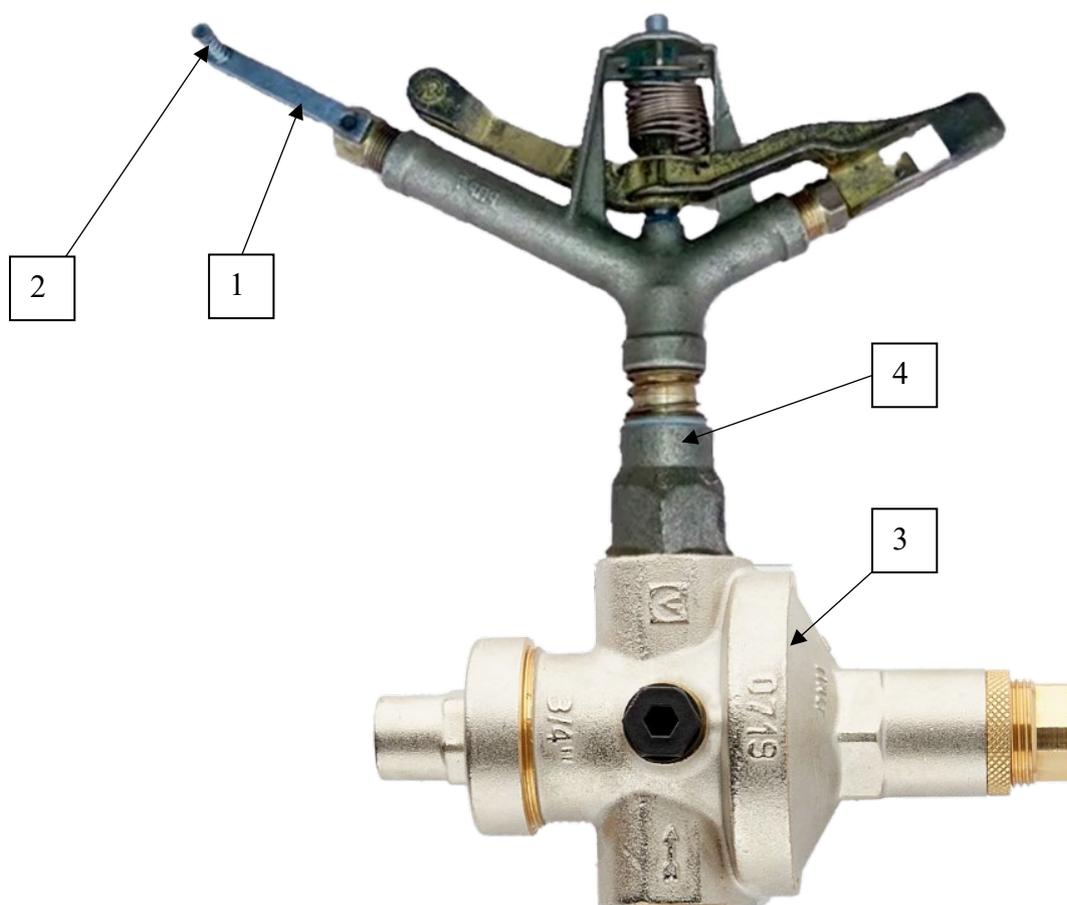
$$n = \frac{V_B^2}{4} \quad (3.2)$$

где n – количество дождемеров, шт.;

V_B – коэффициент вариации, % (для предварительных расчетов принят 30%), то есть:

$$\rho = \frac{h}{t} \quad (3.3)$$

где: t – время полива, мин.



1 – планка; 2 – винт; 3 – регулятор расхода; 4 – дождевальная головка.

Рисунок 3.2 – Общий вид дождевальной головки, оборудованной регулятором расхода и распылителем стержневого типа



1 – дождевальнй аппарат; 2 – дождемеры;

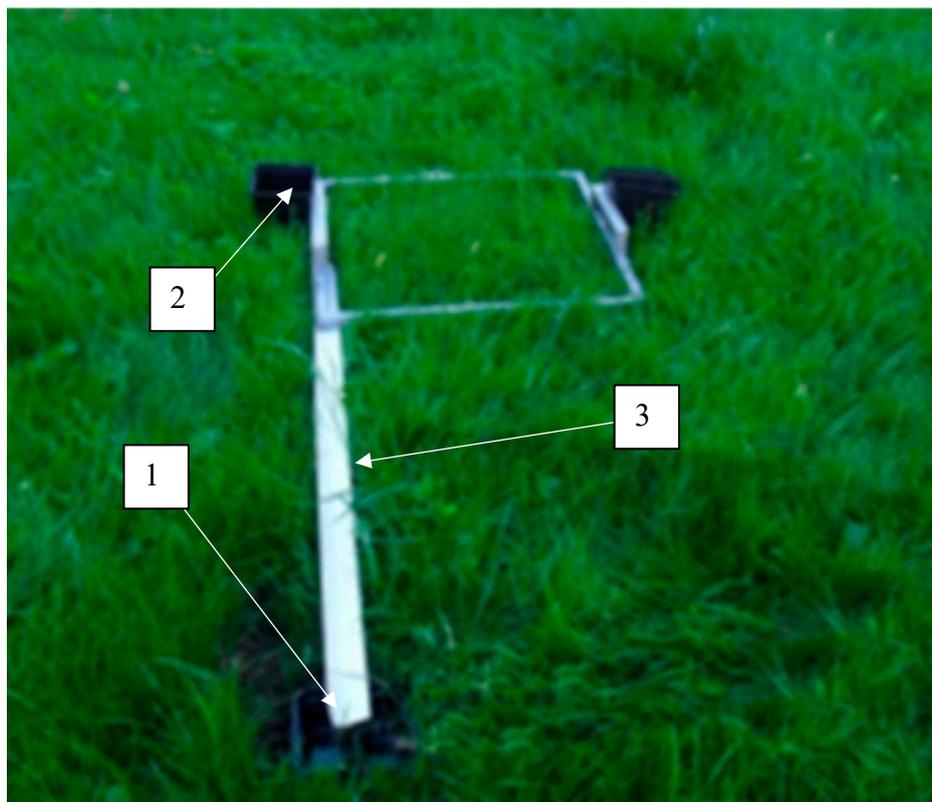
Рисунок 3.3 – Оценка площади распыла и интенсивности дождевального аппарата, оборудованного регулирующими устройствами

Измерение площади распределения факела дождя производилось мерной лентой. Для соблюдения агротехнических требований, также оценивалось значение уменьшения радиуса работы дождевального аппарата (не более 0,6 м).

Установленная продолжительность испытаний должна обеспечивать возможность убедиться, что относительная погрешность измерения объема собранной дождемерами воды (не менее 80 % от общего числа) не превышает $\pm 3\%$. Количество воды, собранной дождемерами, должно составлять не менее 90% от теоретического значения, рассчитанного на основе данных о расходе воды, установленном для дождевального аппарата.

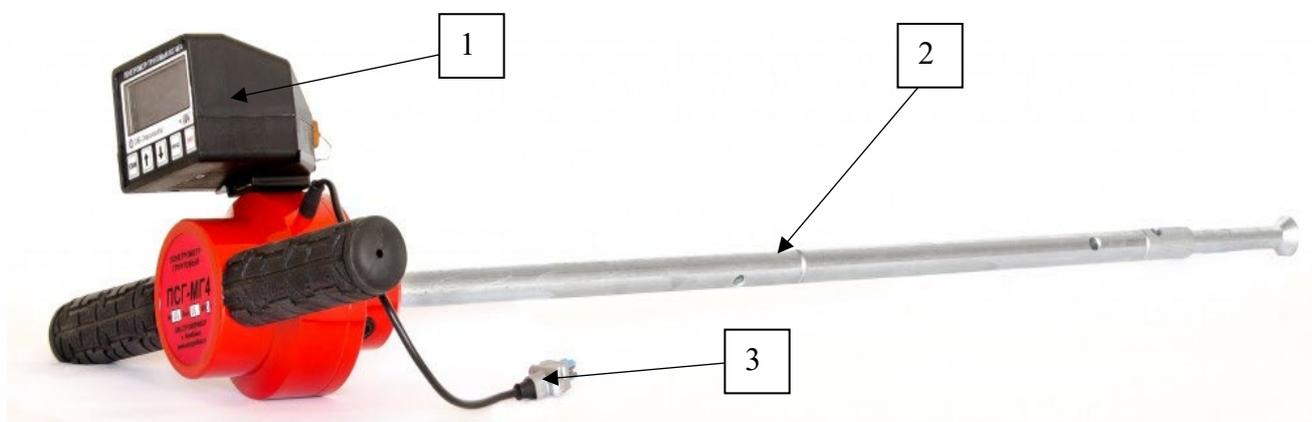
Значение величины поверхностного стока определялось отношением объема непитавшейся воды с ее средними показателями (норма внесения) на участке

площадью 1 м² (рисунок 3.4). Значения поверхностного стока воды определялось по 4 дождемерам, установленным в углам рассматриваемого участка (рисунок 3.5). При этом, до и после полива, при различных режимах внесения, осуществлялись замеры значений несущей способности почвы, грунтовым почвомером ПСГ-МГ4 (рисунок 3.5) [7, 63, 82, 95].



1 – дождемер; 2 – стоковая рамка; 3 – сливная трубка

Рисунок 3.4 – Общий вид площадки для определения величины поверхностного стока под дождевальным аппаратом



1 – прибор; 2 – рабочий наконечник; 3 – USB кабель связи с ПК

Рисунок 3.5 – Грунтовой почвомер ПСГ-МГ4

3.3 Методика экспериментальных исследований работы усовершенствованной дождевальнoй машины «Кубань-ЛК1»

Лабораторно-полевые исследования, а также производственные испытания дождевальнoй машины круговoгo действия «Кубань-ЛК1», оборудованной усовершенствованными устройствами регулирования расхода и распыла струи дождевальнoх аппаратов осуществлялись в сельскохозяйственном предприятии АО «Озеры» (Московская область, Коломенский район). Использовался участок поля, подготовленный под посев и обрабатываемый ДМ «Кубань-ЛК1» (рисунок 3.6).

Полевой участок расположен в умеренно континентальном климате, с недостаточным увлажнением. Самый теплый период с 16 мая по 2 сентября (3.6 месяца), максимальная среднесуточная температура – 19 °С. Наиболее жаркий месяц – июль, со средней температурой 25 °С. Холодный период с 19 ноября по 12 марта (3.9 месяца), среднесуточная температура 1 °С. Наиболее холодный месяц – январь, со среднесуточной температурой -10 °С.

Для данной зоны характерны устойчивый снежный покров в зимнее время и засушливые периоды в летнее время, средние и низкие показатели относительной влажности воздуха – 60...70%. Самые дождливые месяцы: май – июль, в которые выпадает, в среднем до 8,33 мм осадков. Среднегодовое количество осадков составляет 575 мм.

В регионе проведения производственных испытаний преобладает переменный ветер, средняя скорость которого достигает 3 м/с, с порывами до 5 – 10 м/с.

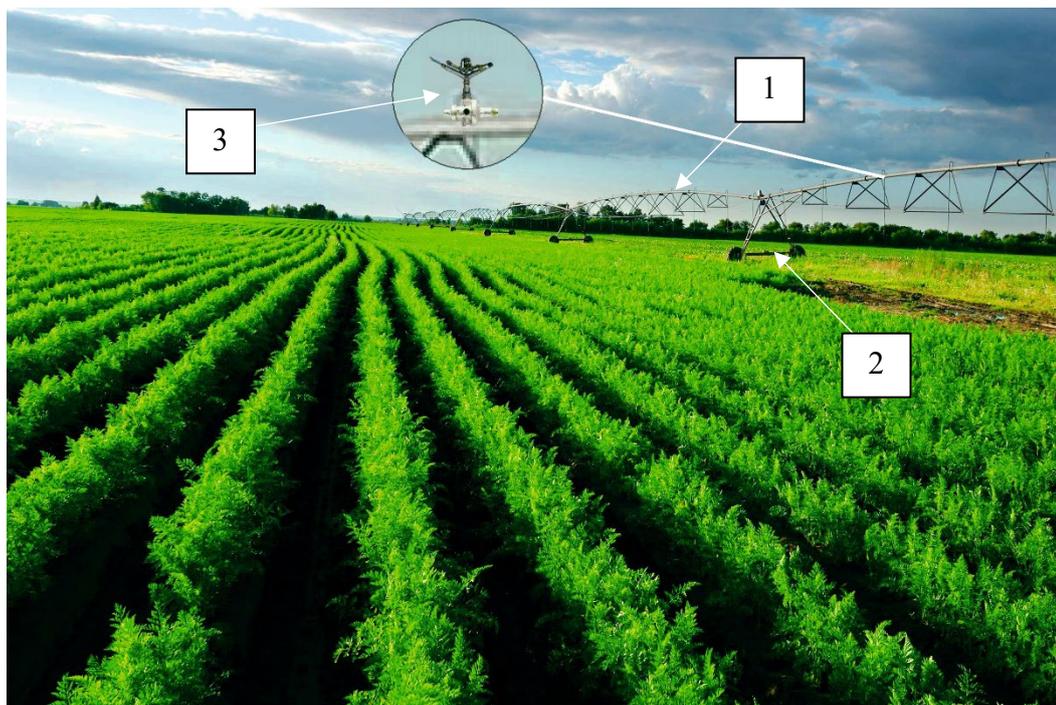
Мероприятия по оценке эффективности работы усовершенствованной машины осуществлялись на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах (агрофон – поле, засаженное морковью). Указанный участок имеет сложный рельеф, с уклонами до 0,05 (рисунок 3.7).



Рисунок 3.6 – План опытного участка обрабатываемого дождевальными машинами кругового действия «Кубань-ЛК1»

В процессе подготовки к исследованиям макетный образец машины (рисунок 3.7) и дождевальная машина кругового действия «Кубань-ЛК1» модификации МДЭК-474-65-01, оснащалась регуляторами расхода дождевальных аппаратов и рассекателями стержневого типа.

Перед проведением производственных испытаний производился полный осмотр и проверка исправности всех узлов дождевальной машины. Осуществлялась проверка схемы расстановки дождевальных аппаратов по всей длине машины, а также установка усовершенствованного узла регулирования подачи воды дождевальных аппаратов. Оценка показателей работы машины, при подаче воды усовершенствованным узлом машины производилась на секторах поля с наибольшим уклоном $i = 0,03$ и более.



1 – водопроводящий трубопровод, 2 – самоходная тележка; 3 – дождевальная машина с регулирующими устройствами

Рисунок 3.7 – Дождевальная машина кругового действия «Кубань-ЛК1», оборудованная регулирующими регуляторами расхода и рассекателями стержневого типа

В основу схемы расстановки регулирующих устройств для дождевальных аппаратов машины в концевой части, исходя из обеспечения средних значений расхода равным – 0,7 л/с, интенсивности подачи дождя – 0,20 мм/мин. и равномерности его распределения, положены утвержденные агротехнические требования.

При оценке показателя досточковой поливной нормы при поливе дождевальной машиной «Кубань-ЛК1», в зависимости от интенсивности дождя, определяемой качественными и количественными характеристиками факела воды, регулируемого устройствами для расхода и распыла струи, использовалась методика оценки функциональных показателей сельскохозяйственной техники (ГОСТ 8224-1-2004. Машины дождевальные подвижные. Часть 1. Эксплуатационные характеристики и методы лабораторных и полевых испытаний).

При определении нормы полива до образования стока, в начале, середине и в конце дождевальной машины подготавливались участки для стоковых площадок.

Крайние площадки (первая и третья) устанавливались на расстоянии 79 м от начала и конца границы захвата по крайним каплям без перекрытия, вторая – в средней части машины (тележки).

Стоковая площадка изготавливалась из листовой стали в виде квадратной рамки с внутренним размером 316х316 мм. Высота рамки 75 мм, толщина стенки – 2 мм.

На одной из сторон стоковой площадки в верхней части просверливалось два ряда отверстий диаметром 7 мм, которые соединяют внутреннюю полость рамки с приваренной снаружи закрытой наклонной камерой (желобом), заканчивающимся открытой трубкой диаметром 18 мм. На трубку надевали резиновый шланг и опускают его в емкость, собирающую сток. Трубку и приемную емкость изолировали от попадания воды прозрачным полиэтиленовым шлангом, закрепленным по обоим концам шпагатом.

Перед установкой стоковой площадки почву тщательно рыхлили лопатой на глубину 40 см без оборота пласта с таким расчетом, чтобы площадка разрыхленной почвы размером 50х50 см после установки стоковой площадки возвышалась над уровнем почвы естественного сложения до 5 см.

Четыре дождемера устанавливали по бокам стоковой площадки на расстоянии 7 см от нее и тщательно (под давлением) притирали к почве в строго вертикальном положении.

Емкость, принимающую сток (стандартная стеклянная банка емкостью 3 дм³), помещали в приямок ниже уровня трубки стоковой площадки на расстоянии 40 см. При этом с наружной от площадки стороны емкость была полностью открыта для возможности наблюдения за стоком.

В целях удобства и определения времени наступления десятипроцентного стока в качестве дождемера и приемного сосуда использовались стандартные стеклянные банки (для дождемеров – емкостью 1,0 дм³, а для приемной емкости – 3,0 дм³) с нанесением на них краской горизонтальных цветных линий, обозначающих протарированный объем между этими линиями.

Стоковая площадка устанавливалась с уклоном не более 0,02 в сторону отверстий в стенке по направлению сливной трубки. Кромка площадки выступала из почвы на 10 мм, а почва внутри площадки имела одинаковую плотность и такой же уклон, как и кромки площадки. При этом почва внутри площадки перекрывала наполовину верхний ряд отверстий. Вокруг стоковой площадки прокапывались канавки глубиной до 8 см для предотвращения затопления площадок с окружающей зоны. Затем производился полив участка. С момента появления воды в сосуде для сбора стока велось постоянное наблюдение. В процессе проведения опыта фиксировались время начала выпадения дождя (опыта) над площадкой, время начала стока и время 10%-го стока (конец опыта). Наступление 10 %-го стока определялось по соотношению объемов воды в сосуде и в дождемерах, выраженному следующей зависимостью:

$$\frac{0,1 \times S_{\text{пл}}}{S_{\text{д}}} = \frac{V_{\text{сток}}}{V_{\text{ср}}} \quad (3.4)$$

где $S_{\text{пл}}$ – приемная площадь стоковой площадки, 1000 см²;

$S_{\text{д}}$ – приемная площадь дождемера, см²;

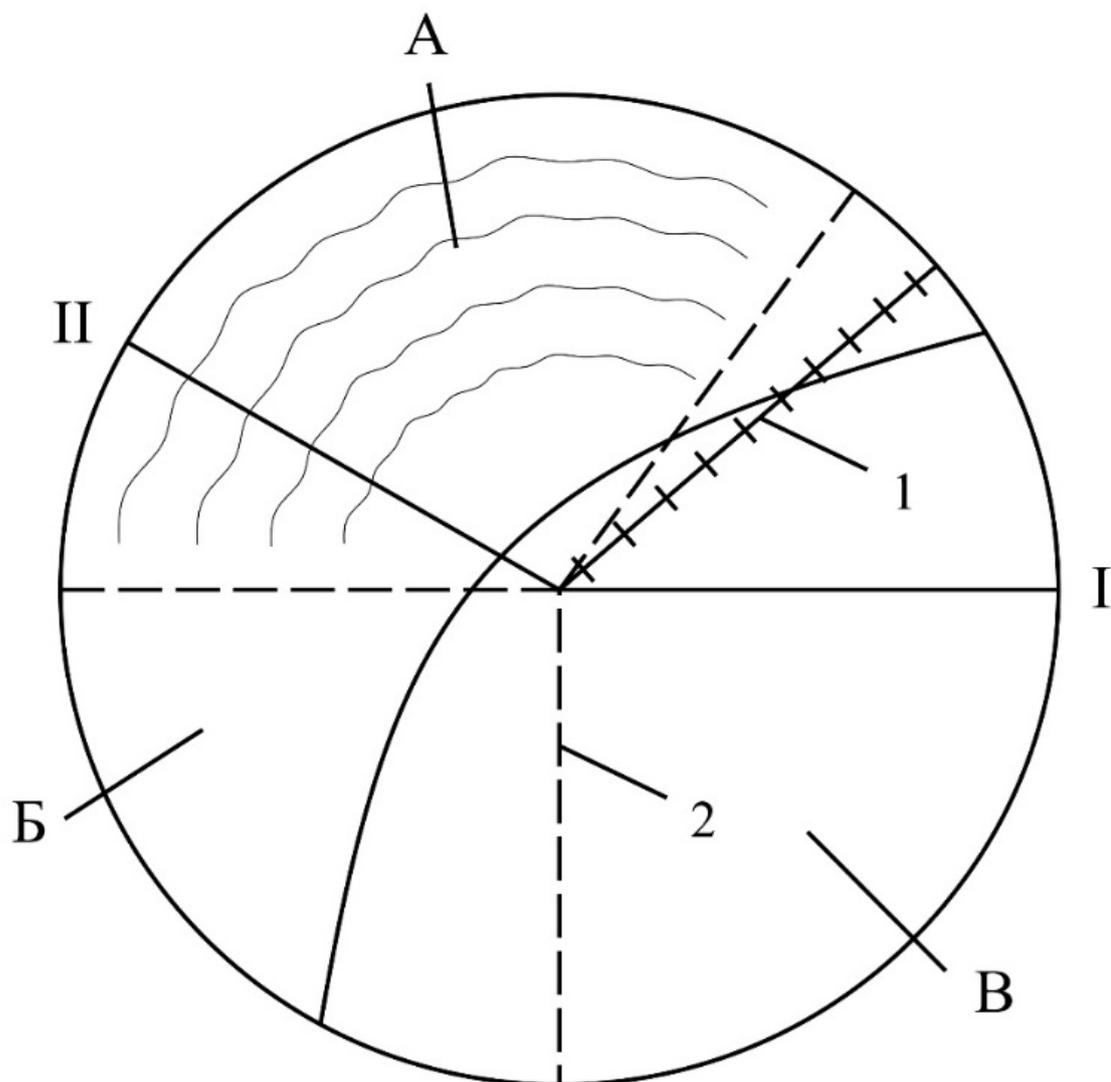
$V_{\text{сток}}$ – объем воды в приемном сосуде, см³;

$V_{\text{ср}}$ – средний объем воды по четырем дождемерам, м³.

При достижении этого равенства полив прекращался и измерялся, с помощью мерных цилиндров, слой воды во всех дождемерах и в приемном сосуде. В процессе опыта, в трехкратной повторности, измерялась скорость ветра и давление в начале дождевальная машины. Норму полива до стока m_c , м³/га, для всех типов машин вычисляют по формуле [9]:

$$m_c = 100 \times \frac{V_{\text{сток}}}{V_{\text{ср}}} \quad (3.5)$$

Схематическое представление плана оценки показателя достоквой поливной нормы при поливе дождевальная машиной «Кубань-ЛК1», а также несущей способности почвы в зоне движения ходовых систем представлено на рисунке 3.8.



1 – дождевальная машина; 2 – граница участка

I, II – контрольные сечения; 1 - ДМ; А, Б, В – слоновые участки с общими уклонами:
 - 0.05; - 0.03; + 0.01; + 0.03

Рисунок 3.8 – Схема оценки показателей работы дождевальной машины кругового действия «Кубань-ЛК» на склоновом участке в АО «Озеры»

Варьирование показателей качества полива и, как следствие, несущих свойств почвы в концевой части машины, осуществлялось устройствами для регулирования расхода и распыла струи дождевальных аппаратов ДМ.

Величины поливной нормы и стока воды оценивались по выше приведенной методике.

По данным экспериментальных исследований строят частотный график распределения интенсивностей и слоя дождя согласно. На графике (рисунок 4.9) указывают среднюю интенсивность или средний слой дождя и от нее в допустимых пределах отклонения ($\pm 25\%$) определяют площадь эффективного полива, справа от нее – площадь избыточного полива, слева – площадь недостаточного полива. Измерение площадей проводят с помощью планиметра. По данным измерений вычисляют соответствующие коэффициенты полива.

Коэффициент эффективного полива $K_{эф}$, вычисляют по формуле [43]:

$$K_{эф} = \frac{S_{эф}}{S_{об}} \quad (3.6)$$

где: $S_{эф}$ – площадь эффективного полива, га (m^2);

$S_{об}$ – общая поливная площадь, га (m^2).

Влияние увеличения достоковой поливной нормы, посредством регулирования расхода и распыла струи дождевальных аппаратов, и снижение интенсивности полива на общую равномерность распределения дождя под всей машиной и в конечном счете на производительность работы машины оценивалось по стандарту отрасли СТО АИСТ 11.1 – 2010 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей.

Технологическая оценка усовершенствованного узла подачи воды включала в себя определение показателей надежности работы регулятора расхода и распыла струи дождевальных аппаратов, определение надежности уплотнительных соединений (герметичность).

Оценка надежности усовершенствованного узла подачи воды производилась методом хронометражного наблюдения, с определением достоверных значений регулируемых параметров. Также оценивалась устойчивость работы и время движения машины, исходя из показателя проходимости ее ходовых систем, определяемых величиной несущей способности почвы на склоновых участках. В конечном счете, оценивалась производительность машины, оборудованной регулирующими устройствами расхода и распыла струи [68, 83].

Эксплуатационно-технологическая оценка дождевальной машины проводилась согласно ГОСТ 24055-80 «Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технической оценки. Общие положения» и ОСТ 1011.1.2000 М; Госстандарт, 2000.

Выводы по третьей главе

1. Экспериментальные исследования регулятора расхода, дождевального аппарата с рассекателем стержневого типа проводились в соответствии с ОСТ ISO 15886-3-2017 Оборудование сельскохозяйственное оросительное. Аппараты дождевальные. Часть 3. Определение параметров распределения и методы испытаний. Для исследований использовалось сертифицированное оборудование. Экспериментальные исследования дождевальной машины, оборудованной модернизированными регуляторами расхода и дождевальными аппаратами с рассекателем проводились в соответствии с СТО АИСТ 11.1-2010 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей; ГОСТ ИСО 8224-1-2004. Машины дождевальные подвижные. Часть 1. Эксплуатационные характеристики и методы лабораторных и полевых испытаний и методик на них основанных в АО «Озеры» Коломенского района Московской области.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА И ДОЖДЕВАЛЬНОГО АППАРАТА С РАССЕКATEЛЕМ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ

В соответствии с программой работы были проведены лабораторные исследования регулятора расхода, дождевального аппарата с рассекателем, а также макетного образца ходовой системы ДМ в зависимости от показателей режима полива, присущего многоопорной дождевальной машине кругового действия «Кубань-ЛК1» при работе в условиях склоновых площадей, с подтверждением теоретических изысканий, в лабораторно-полевых и производственных условиях.

4.1 Результаты экспериментальных исследований регулятора расхода в лабораторных условиях

Исследования усовершенствованного регулятора расхода дождевальных аппаратов машины кругового действия «Кубань-ЛК1» осуществлялось с целью проверки рассчитанных значений характеристик устройства и их соответствия требуемым параметрам его работы. Исследования проводились на стенде УРОКС-150М (рисунок 3.1).

На основе проведенных экспериментальных исследований достоверности пропуска расчетного расхода воды Q регулирующими устройствами с различными диаметрами выходных отверстий d в зависимости от давления p , в преднастроенный период, получена графическая зависимость (рисунок 4.1), определяемая регрессионным уравнением (4.1), экспериментальные данные представлены в таблице 4.1:

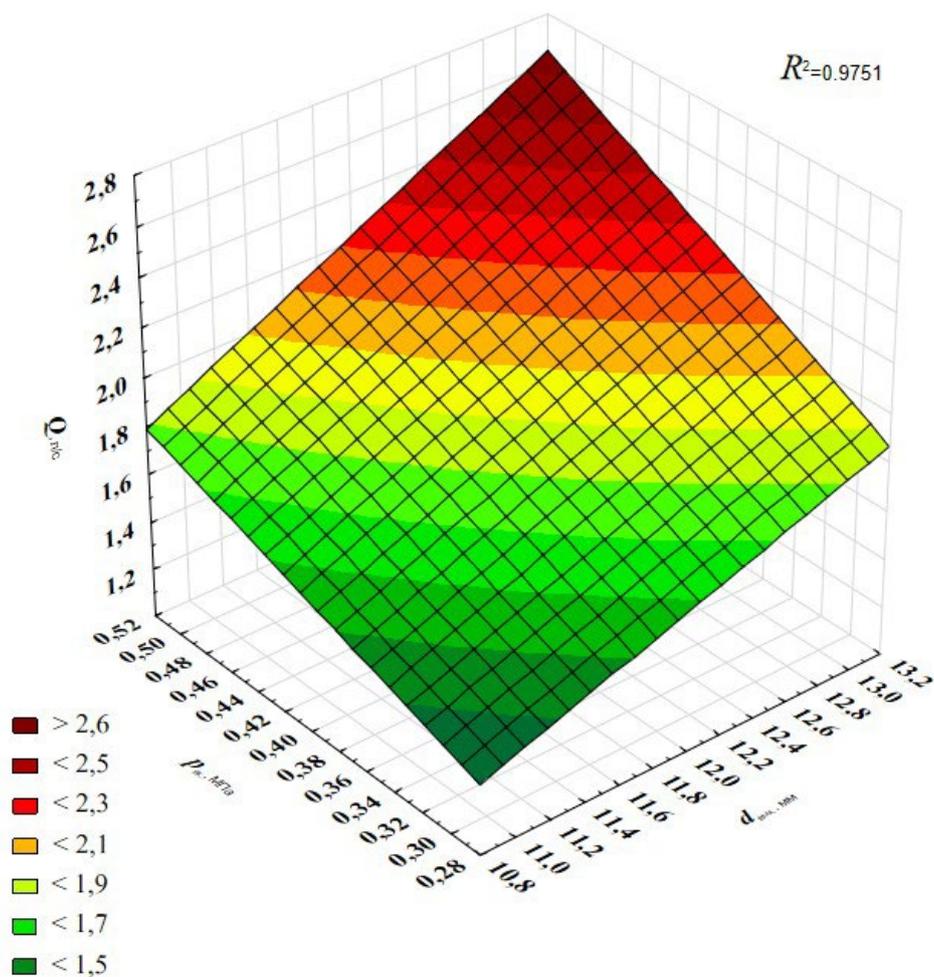


Рисунок 4.1 – Графическая зависимость диаметра проходного сечения регулятора расхода от напора на входе и значений по расходу воды

Таблица 4.1 – Показатели расхода регулирующего устройства при различных диаметрах проходного сечения

Диаметр проходного сечения регулятора расхода, мм	Давление на выходе, МПа	Объем воды в баке, дм ³	Время наполнения бака, с
10	0,3	34,527	30,0
		1,143	
11		41,778	29,9
		1.383	
12		49,719	30,2
		1,652	

$$Q = -0,3667 + 0,1 \times p_{\text{вх}} - 3,3333 \times d + 8,6233 \times 10^{-13} \times p_{\text{вх}}^2 + 0,5 \times p_{\text{вх}} \times d - 6,6058 \times 10^{-12} \times d^2 \quad (4.1)$$

Анализ уравнения регрессии показал, что наиболее значимым фактором, определяющим расход жидкости, является диаметр проходного сечения седла клапана.

Результаты работы усовершенствованного регулятора расхода подтверждают теоретические изыскания и рассчитанные показатели по эффективному значению проходного сечения (диаметра) выходного отверстия 12 мм с целью пропуска требуемой нормы воды, при расходе $Q - 1,65$ л/с и выходном давлении 0,30 МПа.

По данным исследований точности регулирования давления за регулирующим устройством получены экспериментальные данные (таблица 4.2), на основании данных построена графическая зависимость (рисунок 4.2), определяемая регрессионным выражением (4.2).

Таблица 4.2 – Показатели точности регулирования давления до и после регулирующего устройства

Диаметр проходного сечения регулятора расхода, мм	Давление на входе в регулятор, бар	Давление на выходе из регулятора, бар	Точность регулирования давления, %
10	0,45	0,31	98,75
	0,40	0,32	97,50
	0,35	0,31	96,44
11	0,45	0,31	98,53
	0,40	0,32	97,46
	0,35	0,31	96,52
12	0,45	0,31	98,615
	0,40	0,32	97,39
	0,35	0,31	96,60

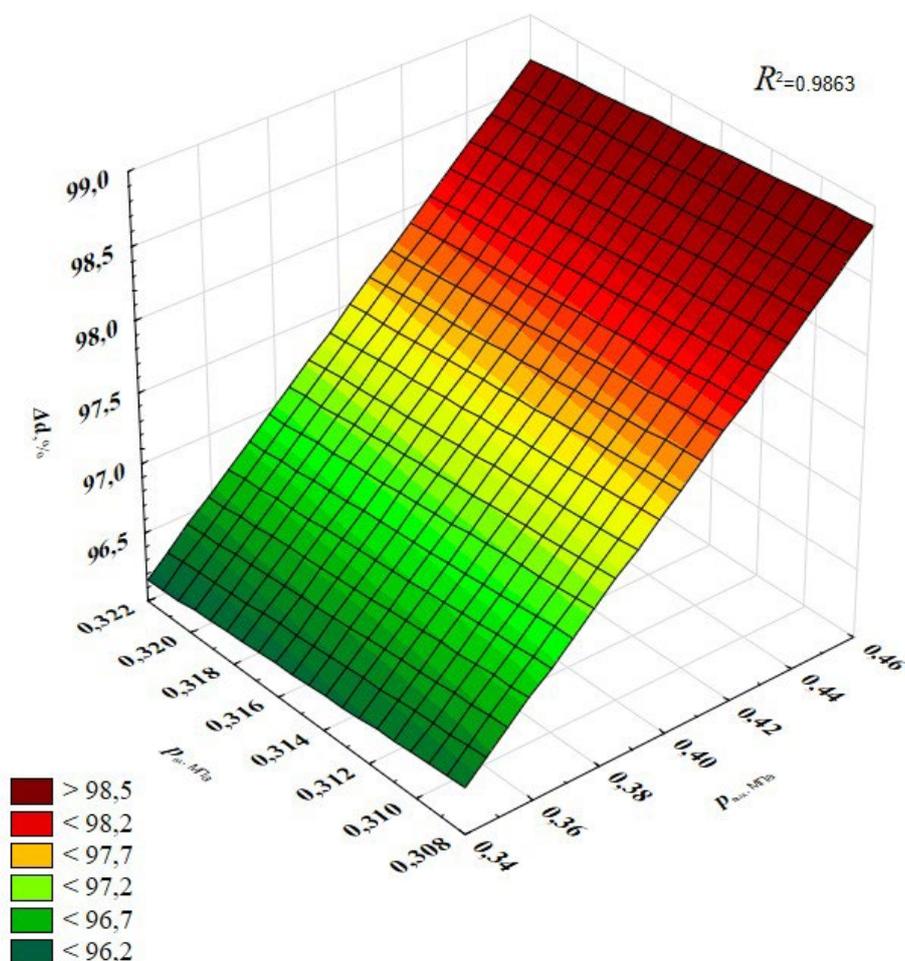


Рисунок 4.2 – Графическая зависимость точности регулирования от давления на входе и на выходе

$$\Delta d = 93,03 + 21,1167 \times d_{\text{вх.}} - 12,5833 \times d_{\text{вых.}} \quad (4.2)$$

Анализ результатов проведенных исследований (рисунок 4.2) по оценке показателей работы усовершенствованного регулирующего устройства, с требуемыми настройками по расходу и напору, выявили, что увеличение входного давления в регулятор расхода с 0,35 до 0,45 МПа, не оказывают влияния на значение подачи воды, т.е. точность регулирования усовершенствованным устройством находится в требуемых пределах и составляет 95%.

4.2. Результаты экспериментальных исследований дождевального аппарата с рассекателем в лабораторных условиях

Основным фактором, влияющим на показатель досточковой поливной нормы дождевальных машин, особенно в районе последней тележки и консольной части

является средняя интенсивность подачи воды. Анализ результатов проведенных исследований по оценке интенсивности подачи воды дождевальными аппаратами «Фрегат №3», при различных показателях расхода (Q) и величины внедрения винта рассекателя в струю (x), описываемых графической зависимостью (рисунок 4.3) и регрессионным выражением (4.3) позволил сделать следующие выводы.

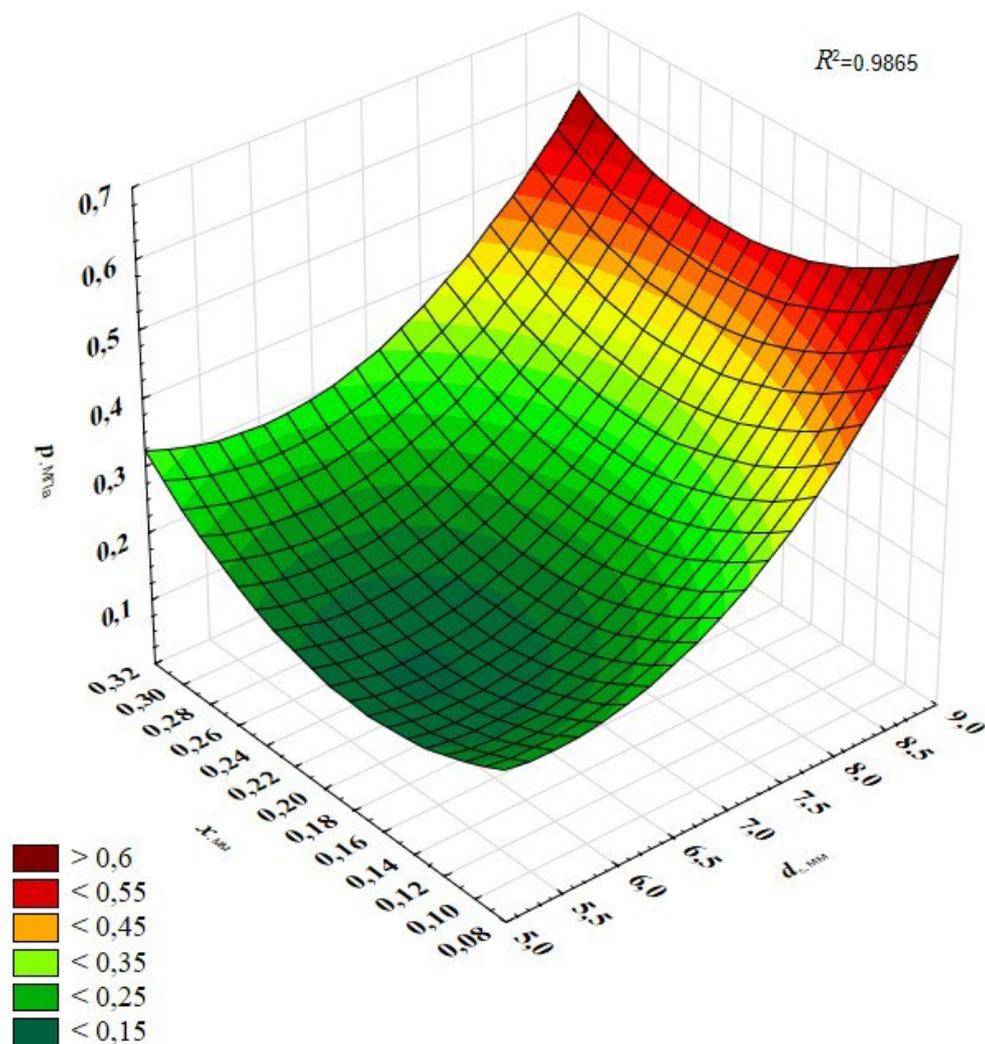
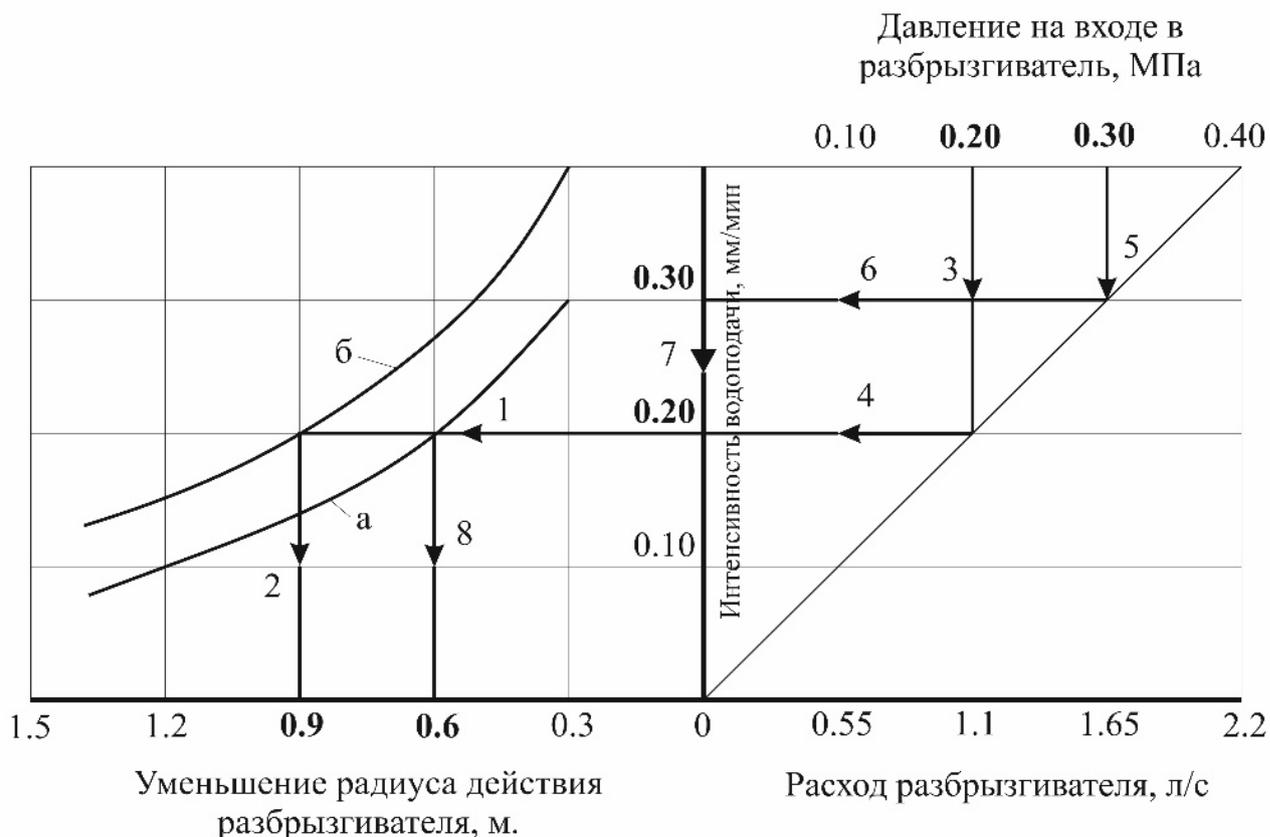


Рисунок 4.3 – График зависимости влияния глубины внедрения винта рассекателя в струю и диаметра сопла на интенсивность подачи воды

$$p = 1,293 - 0,3521 \times d_c - 1,6521 \times x + 0,034 \times d_c^2 - 0,18 \times d_c \times x + 7,4136 \times x^2 \quad (4.3)$$

Снижение только одного расхода дождевальных аппаратов с 2,2 л/с, присущего дождевальной машине, без регулирования его расходно-напорных характеристик, до

1,6 л/с и уменьшение давления с 0,50 до 0,30 МПа, средняя интенсивность подачи воды, соответственно уменьшается с 0,4 до 0,3 мм/мин (рисунок 4.4) [86].

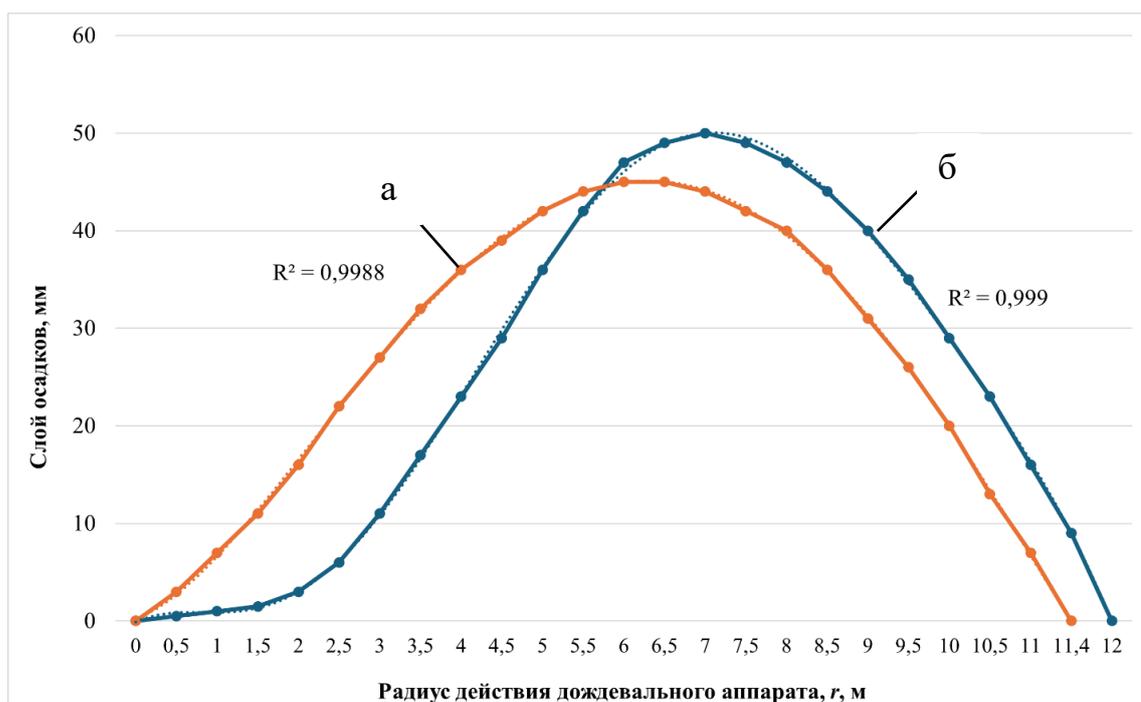


при внедрении винта рассекателя:
а - на 0,3 диаметра сопла;
б - на 0,5 диаметра сопла.

Рисунок 4.4 – Схема снижения интенсивности подачи воды посредством установки регулирующих устройств

Дальнейшее снижение интенсивности подачи воды, вследствие еще имеющих поверхностных стоков, невозможно, из-за ограничения по минимальному значению давления в конце машины (0,30 МПа), в целях надежной и качественной ее работы на положительных уклонах местности.

То есть, обеспечение достаточной средней интенсивности подачи воды $\rho = 0,2$ мм/мин., как видно из рисунка 4.3 и зависимости 4.3, возможно достичь увеличением мгновенной площади полива, за счет перераспределения слоя осадков по длине и ширине факела распыла струи дождевального аппарата (рисунок 4.5), посредством внедрения в нее рассекателя на величину равную 0,3 диаметра сопла.



а – с рассекателем; б – без рассекателя.

Рисунок 4.5 – Распределение слоя осадков под дождевальным аппаратом «Фрегат №3»

Дальнейшее внедрение рассекателя в струю воды ограничено допустимым значением уменьшения радиуса обработки (согласно техническим условиям работы машины, не более 0,6 м).

Установлено, что для обеспечения интенсивности подачи 0,2 мм/мин, дождевальный аппарат с рассекателем стержневого типа имеет отверстие 5,6 мм и глубину установки винта рассекателя М6 с конусной частью под углом 45° составляла 1,68 мм, что составляет 0,3d сопла.

4.3 Оценка качества полива усовершенствованной дождевальной машиной «Кубань-ЛК1»

Результаты исследований по выявлению зависимости досточковой поливной нормы (несущая способность) при различных нормах полива (300; 400; 500 м³/га) и от средней интенсивности дождя приведены в таблице 4.3 и проиллюстрированы графической зависимостью (рисунок 4.6) и регрессионным выражением (4.4) [114]:

$$p_0 = 55 - 1,8974 \times 10^{-14} \times m + 275 \times p + 2,9328 \times 10^{-17} \times m^2 - 1,299 \times 10^{-14} \times m \times p - 750 \times p^2 \quad (4.4)$$

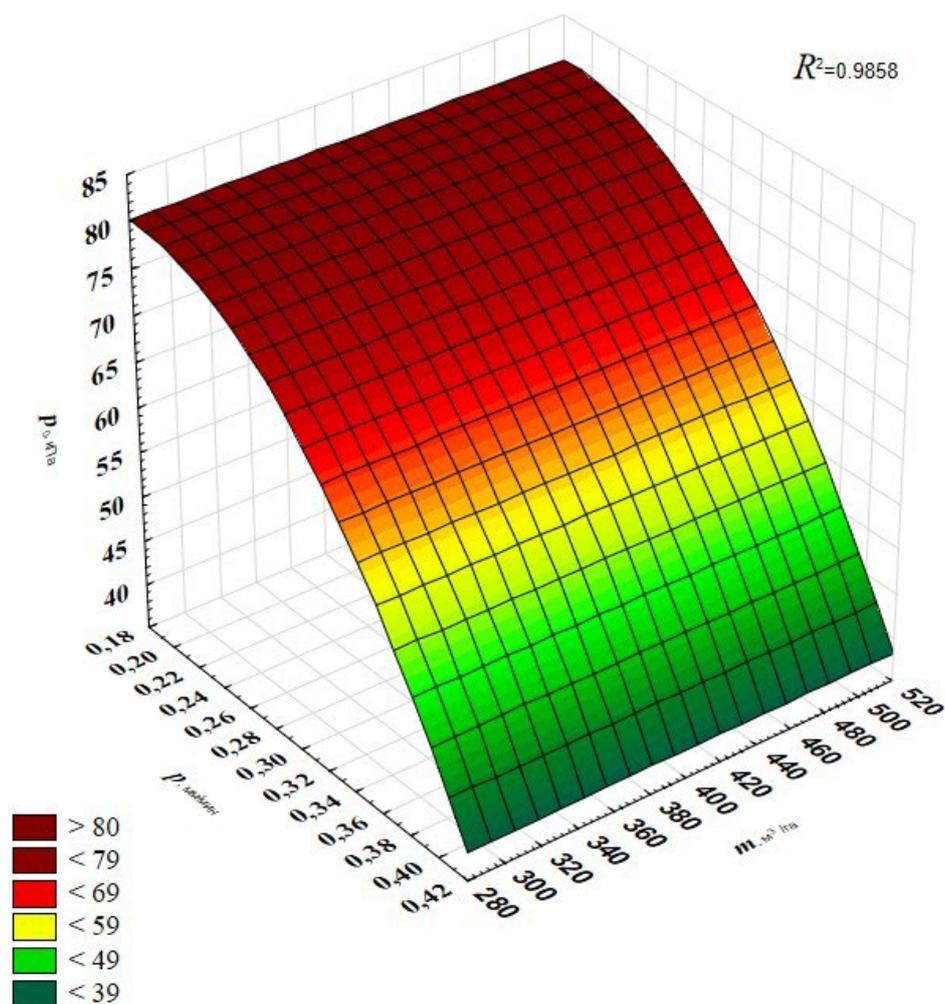
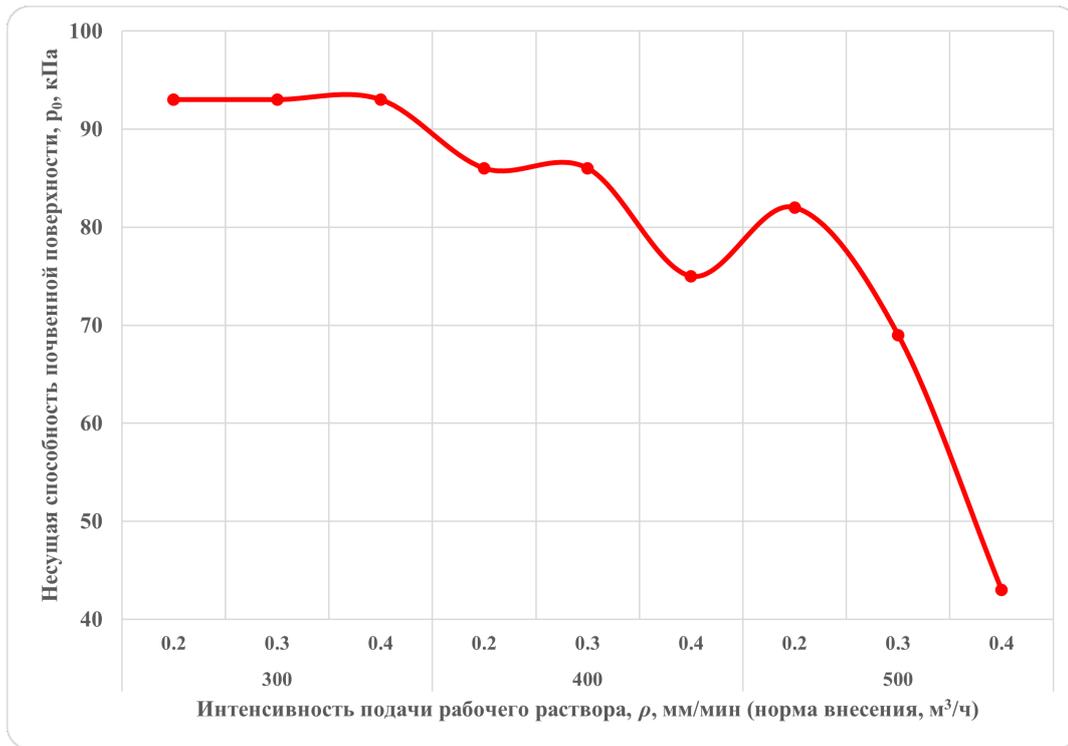


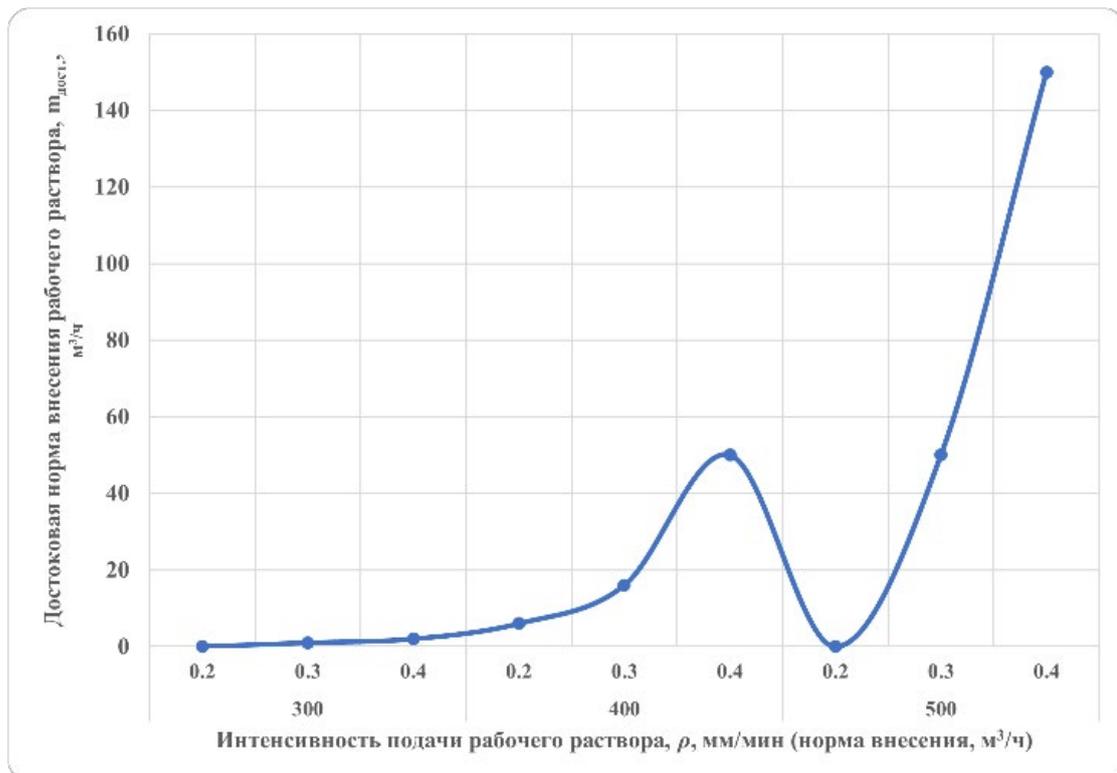
Рисунок 4.6 – График зависимости поливной нормы до образования стока и интенсивности дождя на несущую способность обрабатываемой поверхности

Таблица 4.3 - Показатели несущей способности почвы от режима полива

Поливная норма, m , м ³ /га	300			400			500		
	Средняя интенсивность дождя, ρ , мм/мин	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.2	0.3
Величина стока, $m_{ст}$, м ³ /га	0	1	2	6	16	50	0	50	150
Несущая способность почвы p_0 , кПа	93	93	93	86	86	75	82	69	43



а



б

а – зависимость несущей способности почвы от интенсивности дождя; б –
зависимость достоковой поливной нормы от интенсивности дождя

Рисунок 4.7 – Графики зависимостей режима полива от несущей способности обрабатываемой поверхности

Как видно из приведенных данных, в целом, при увеличении значения поливной нормы с 300 до 500 м³/га несущая способность почвы уменьшается (рисунок 4.7, а). При этом, наименьшее ее значение для типового режима полива ($m = 500$ м³/га) и средней интенсивности дождя ($\rho = 0,4$ мм/мин), за счет увеличенного поверхностного стока ($m_{\text{ст}} = 150$ м³/га), составляет около 43 кПа (рисунок 4.7, б).

Снижение средней интенсивности дождя, за счет регулирования расхода, до 0,3 мм/мин и улучшения распыла струи дождевального аппарата, до 0,2 мм/мин, соответственно обеспечило ликвидацию поверхностного стока 100 и 50 м³/га и повышение несущих свойств почвы до 69 и 82 кПа.

В производственных условиях были проведены исследования влияния установки регулирующих устройств расхода и распыла струи дождевальных аппаратов, в концевой части дождевальной машины, на равномерность распределения слоя воды по длине машины на уклоне $i = 0,03$.

Оценка показателей равномерности распределения слоя воды выполнялась при поливной норме 450 – 500 м³/га (45 – 50 мм), скорость ветра составляла 1,0 – 2,0 м/с, с последующей статистической обработкой данных (рисунок 4.8).

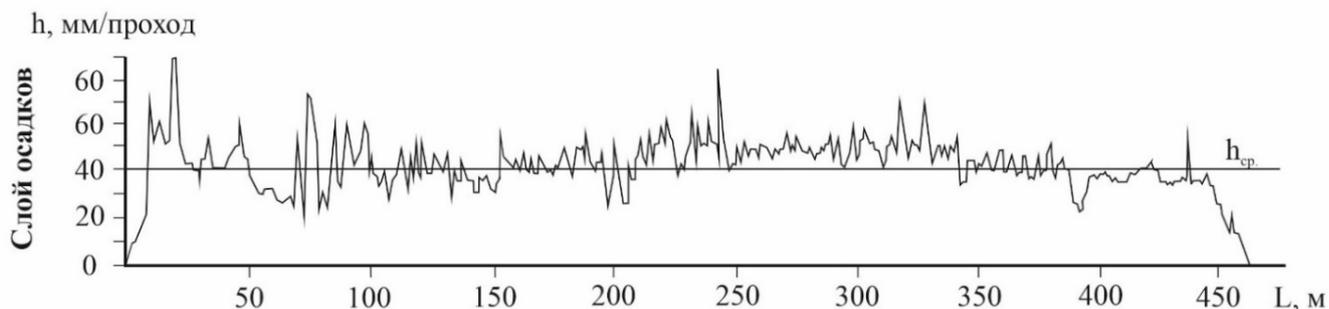
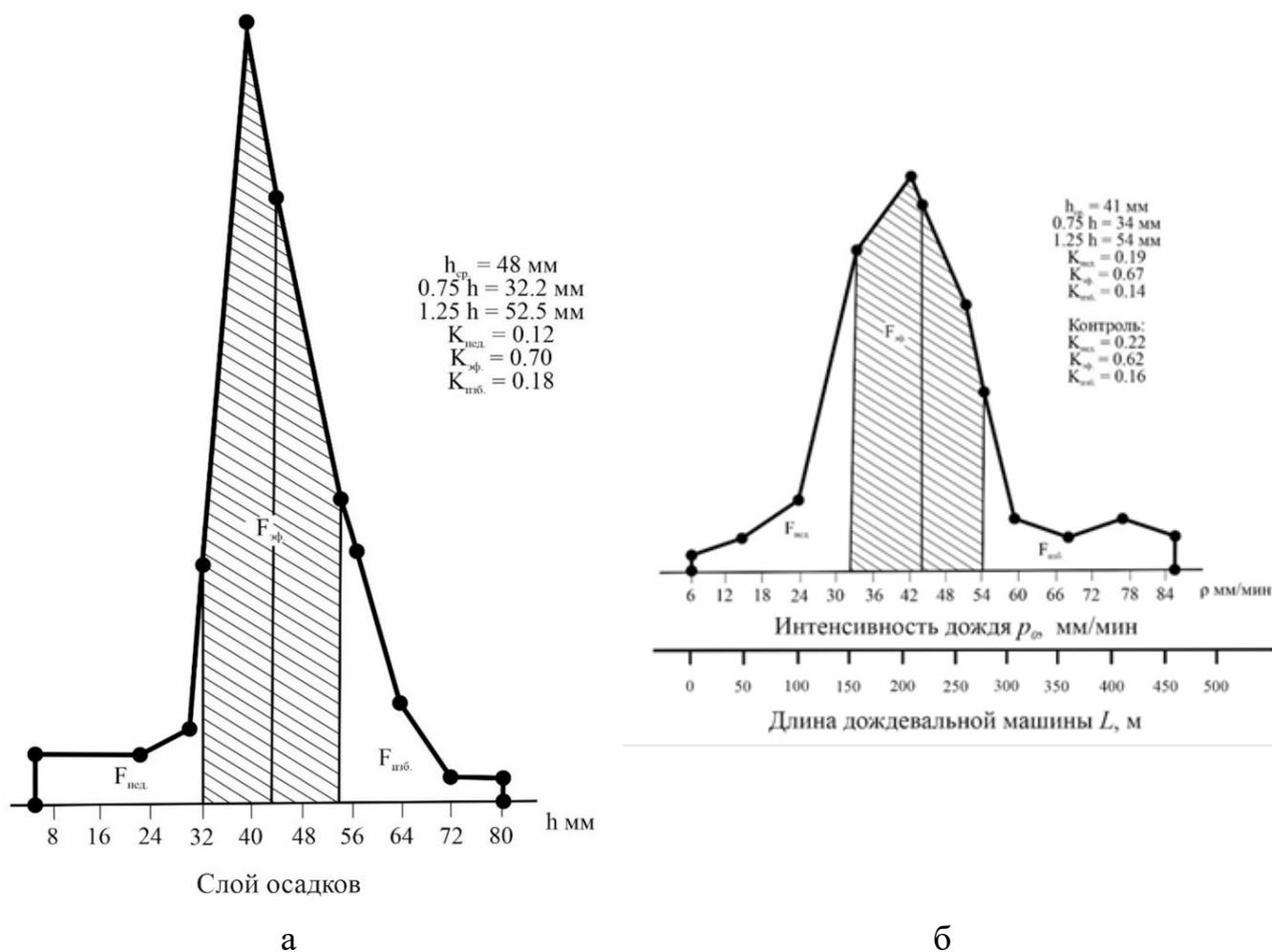


Рисунок 4.8 – Равномерность распределения слоя осадков по длине дождевальной машины (на участке 0 – 350 м – без регуляторов расхода; на участке 350 – 450 м – с регуляторами расхода)



а – без регулирующих устройств; б – с регулируемыми устройствами

Рисунок 4.9 – Частотный график равномерности распределения слоя воды по длине дождевальной машины

Проведенный анализ экспериментального материала показывает, что усовершенствованная дождевальная машина обеспечивает на склоновой площади, достаточную, в соответствии с агротехническими требованиями, равномерность обработки площади. Так, в среднем, как видно из графика, коэффициент эффективного полива составляет 0,71 (рисунок 4.9, а), против 0,68 (рисунок 4.9, б) без регулирующих устройств дождевальных аппаратов.

Указанное, позволяет констатировать, что усовершенствование дождевальной машины кругового действия «Кубань-ЛЖ1» положительно скажется на сохранении и увеличении показателей урожайности культур, присущих выровненному рельефу.

4.4. Эксплуатационно-технологическая оценка работы усовершенствованной и серийной дождевальных машин в производственных условиях

Исследования эксплуатационных параметров дождевальной машины в производственных условиях были проведены в агрохозяйстве АО «Озеры», расположенном в городском округе Коломна, Московской области. На исследования была представлена дождевальная машина кругового действия «Кубань-ЛК1» модификации ДМ-474-65 оборудованная регулирующими устройствами расхода и распыла струи дождевальных аппаратов. Осуществлялась обработка участка поля с общим уклоном до 0,03.

При проведении производственных исследований, было выполнено три полива машины, норма внесения составляла $m = 500 \text{ м}^3/\text{га}$. Фиксация эксплуатационных данных, для дальнейшего расчета осуществлялась с помощью хронометража, фиксация осуществлялась после одного оборота усовершенствованной машины.

Для выполнения расчета эксплуатационных показателей работы бралась информация из наблюдений за работой машины, обработки хронометражных данных, а также нормативных значений работы подобного типа сельскохозяйственной техники. Полученные эксплуатационно-технические показатели серийной и усовершенствованной широкозахватных модификаций дождевальных машин сведены в таблицу 4.4.

Во время проведения производственных исследований дождевальной машины кругового действия, оборудованной регулирующими устройствами расхода и распыла струи дождевальных аппаратов нарушения технологии полива не зафиксировано. Это способствовало обеспечению высоких показателей технологического и технического обслуживания, а также соблюдению агротехнологических требований к коэффициенту использования времени смены ($K_{см}$), который составил 0,895 для усовершенствованной машины и 0,735 для ее серийной модификации.

Таблица 4.4 – Эксплуатационно-технологические показатели работы серийной и усовершенствованной дождевальными машин

Наименование показателей	Значение показателей для модификации	
	усовершенствованной	серийной
1	2	3
Агрохозяйство	АО «Озеры», г.о. Коломна, Московская область	АО «Озеры», г.о. Коломна, Московская область
Марка дождевальной машины	ДМ «Кубань-ЛК1», мод. 474-65	«ДМ КубаньЛК1» мод. 474-65
1. Условия и режим работы		
• тип почвы	супесчаные пойменно-алювиальные (дерновые)	супесчаные пойменно-алювиальные (дерновые)
• уклон поля:		
• общий	до 0,01	до 0,01
• местный	до 0,05	до 0,05
• температура окружающего воздуха, С°	+26	+26
• скорость ветра, м/с	1,4	1,2
• поливная норма	500	500
• твердость почвы, кПа	100 – 120	100 – 120
• влажность почвы после полива, %	18,0 – 25,0	18,5 – 25,0
2. Фактический календарный период работы	10.05.2022 – 05.08.2022	10.05.2022 – 05.08.2022
3. Время чистой работы, ч (хронометражем)	156	156
4. Время сменной работы, ч (хронометражем)	157,8	181,8
5. Технологические простои (время заполнения трубопровода раствором), ч	0,80	0,80
6. Коэффициент технологического обслуживания, K_1	0,990	0,990
7. Простой из-за нарушения технологического процесса (из-за срабатывания электрической защиты), ч	0	120

Продолжение таблицы 4.4 – Эксплуатационно-технологические показатели работы серийной и усовершенствованной дождевальными машин

8. Коэффициент надёжности технологического процесса K_2	1,0	0,840
9. Время, затраченное на техническое обслуживание (тех. уходы во время смены), ч	1,0	1,0
10. Коэффициент технического обслуживания машины, K_3	0,960	0,960
11. Простой из-за технических неисправностей (поломки, деформации, нарушение регулировок), ч	0	0
12. Коэффициент эксплуатационной надёжности, K_4	0,945	0,823
13. Коэффициент использования рабочего времени смены, $K_{см}$	0,895	0,735
14. Объем выполненной работы, ч:		
• по плану	158	158
• фактический (расчетный)	157,8	157,8
• в том числе, с хронометражем	157,8	181,8
15. Производительность за 1 ч, га:		
• чистой работы	0,50	0,50
• технологического времени	0,49	0,41
• сменного времени	0,45	0,37

Из анализа эксплуатационных показателей работы дождевальной машины (таблица 4.4), согласно графической зависимости (рисунок 4.10), описываемой регрессионной зависимостью (4.5), следует, что часовая производительность машины, оборудованной регулируемыми устройствами дождевальных аппаратов, составляет 0,50 га, что на 26% больше в сравнении в серийной модификацией (0,37 га).

$$w = 0,3486 - 0,0156 \times x + 0,0006 \times y + 0,0008 \times x^2 + 0,0002 \times x \times y + 5,6355 \times 10^{-6} \times y^2 \quad (4.5)$$

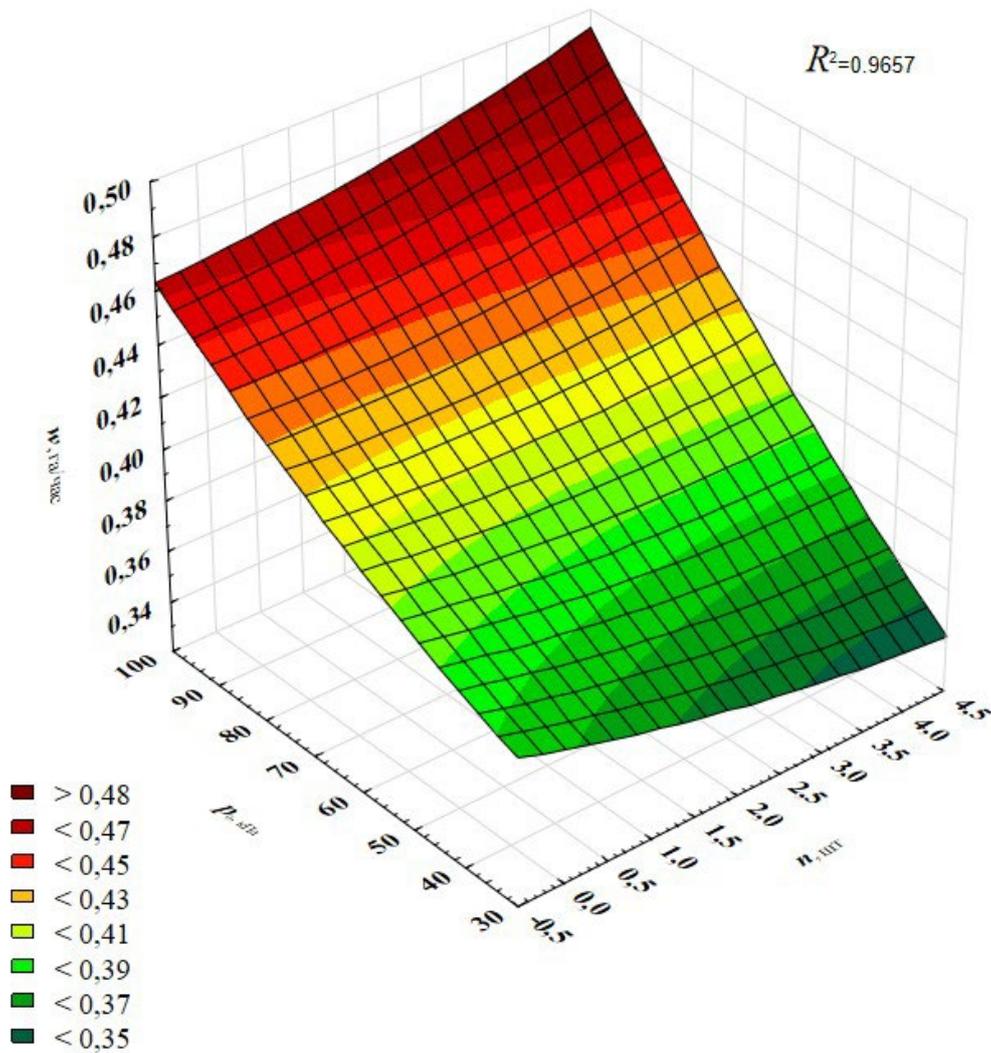


Рисунок 4.10 – График зависимости влияния величин несущей способности почвы и количества аварийных остановок на производительность работы дождевальной машины на склоновом участке.

Такое увеличение связано с исключением частых аварийных остановок, вызванных срабатыванием электрической защиты машины, в следствие изгиба водопроводящего трубопровода при буксовании самоходных тележек в концевой и консольной части.

Выводы по четвертой главе

1. Экспериментальными исследованиями установлено, что для обеспечения расхода воды усовершенствованным регулятором 1,6 – 1,7 л/с диаметр проходного сечения регулятора расхода составляет 12 мм при обеспечении необходимого и постоянного давления после себя в пределах 0,29 – 0,31 МПа.

2. Установлено, что для обеспечения интенсивности подачи 0,2 мм/мин, дождевальная машина с рассекателем стержневого типа имеет отверстие 5,6 мм и глубину установки винта рассекателя М6 с конусной частью под углом 45° составляла 1,68 мм, что составляет 0,3d сопла.

3. Установлено, что оснащение дождевальных аппаратов в концевой части машины кругового действия «Кубань-ЛК1» регулирующими устройствами расхода и распыла струи позволяет ликвидировать сток в 150 м³/га, за счет снижения интенсивности дождя, а также повышает равномерность распределения дождя по длине машины, характеризуемую коэффициентом эффективного полива до агротехнически требуемых значений $K_{\text{эф.п.у}} = 0,71$ (усовершенствованная), против $K_{\text{эф.п.}} = 0,68$.

4. Установлено, по результатам исследований в производственных условиях, усовершенствованная дождевальная машина, оборудованная устройствами регулирования расходно-напорных характеристик и распыла струи, обеспечивает качественное выполнение технологического процесса полива. Коэффициент использования времени смены $K_{\text{см}}$ находится в пределах, установленных требований и равен 0,895, что обеспечило повышение производительности машины на 18% (0,45 га/ч) в сравнении с серийной машиной, которая обеспечивает $K_{\text{см}} = 0,735$, а производительность 0,37 га/ч.

ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ДМ

Использование дождевальной машины кругового действия на склоновых площадях показало, что вследствие повышенных значений расхода воды наблюдается снижение досточковой поливной нормы особенно в концевой и консольной части. Это явление приводит к увеличенному колееобразованию от ходовых систем машины, что, в итоге, из-за срабатывания электрозащиты и дальнейшей остановки машины, уменьшает производительность ее работы.

Для исключения указанных факторов предлагается оснащать дождевальную машину кругового действия «Кубань-ЛК1» регулирующими устройствами расхода (регулятор) и распыла струи (стержневой рассекатель) дождевальных аппаратов в районе концевой и консольной части. Это, в значительной степени, снизит интенсивность подачи воды, что в свою очередь, увеличит досточковую норму полива. Модернизация машины позволит исключить непроизводительные остановки, тем самым повысить коэффициент равномерности полива, часовую производительность работы и снизить эксплуатационные затраты, что подтверждается, представленным далее, экономическим обоснованием.

Экономическое обоснование использования модернизированной дождевальной машины на базе «Кубань-ЛК1» производилось в сравнении с базовой модификацией по «Методике определения экономической эффективности капитальных вложений», а все экономические показатели базовой и усовершенствованной модификаций дождевальных машин сведены в таблице 5.1 [64, 65].

Таблица 5.1 – Экономические показатели базовой и усовершенствованной модификаций дождевальных машин

Показатели	Единица измерения	Дождевальная машина кругового действия «Кубань-ЛК1»		Источник данных
		базовая модификация	усовершенствованная модификация	
Капитальные затраты				
Количество систем	шт.	1	1	Нормативно-справочный материал
Площадь обработки	га	72	72	
Производительность машины	га/ч	0,41	0,49	
Срок службы	лет	8	10	
Расход воды	м ³ /ч (л/с)	234 (65)	216 (60)	
Стоимость требуемой системы	руб.	4525000	4525000	
Скважина, помпа, двигатель	руб.	1950000	1950000	
Трубы, краны, датчики (регуляторы расхода и рассекатели стержневого типа)	руб.	195000	250500	
Органы контроля и эл. привод	руб.	455000	455000	
Удельные капитальные вложения в производственные фонды	руб.	2600000	2655500	

Продолжение таблицы 5.1 – Экономические показатели базовой и усовершенствованной модификаций дождевальных машин

Показатели	Единица измерения	Дождевальная машина кругового действия «Кубань-ЛК1»		Источник данных
		базовая модификация	усовершенствованная модификация	
Общая стоимость капитальных вложений	руб.	7125000	7180500	
Капитальные затраты				
Стоимость на единицу площади	руб./га	98958	99729	
Ежегодные затраты				
Амортизация на дождевальную машину и инфраструктуру (на 25 лет)	руб./га	4700	4500	Нормативно-справочный материал
Рабочее давление на входе в машину	МПа (кгс/см ²)	0,56 (5,6)	0,56 (5,6)	
Затраты на электроэнергию (при 1050 часов работы, 3 руб./кВт)	руб.	2662	2662	
Обслуживание и ремонт	руб./га	1600	1500	
Общая стоимость ежегодных затрат	руб./га	8962	8662	
Общая стоимость капитальных вложений	руб.	7125000	7180500	

Продолжение таблицы 5.1 – Экономические показатели базовой и усовершенствованной модификаций дождевальных машин

Показатели	Единица измерения	Дождевальная машина кругового действия «Кубань-ЛК1»		Источник данных
		базовая модификация	усовершенствованная модификация	
Эксплуатационные затраты				
Время на проведение пуско-наладочных работ после аварийных остановок	ч.	120	0	Нормативно-справочный материал
Обслуживающий персонал:	чел.	1	-	
• тракторист;		1	1	
• оператор.				
Тарифная ставка оператора:	руб./ч	300		
• тракторист;		300		
• оператор.				
Издержки на заработную плату:	руб.	250	-	
• тракторист;		2650	2208	
• оператор.				

Усовершенствованная дождевальная машина по сравнению с серийно выпускающейся требует больше затрат при изготовлении, но имеет большую производительность, более длительный срок службы, меньшие эксплуатационные издержки и капитальные вложения потребителя.

1. Годовые издержки потребителя (I_1^1) и его сопутствующие капитальные вложения (K_1^1) в базовом варианте, пересчитанные на объем работы, выполняемой при использовании нового варианта машины, вычисляются по формулам (5.1, 5.2):

$$I_1^1 = \overline{I_1^1} \times \frac{B_2}{B_1} \quad (5.1)$$

$$K_1^1 = \overline{K_1^1} \times \frac{B_2}{B_1} \quad (5.2)$$

где: $\overline{И}_1^1$ – общая стоимость ежегодных затрат базовой модификации машины, руб.;

$\overline{И}_2^1$ – общая стоимость ежегодных затрат усовершенствованной модификации машины, руб.;

$\overline{К}_1^1$ – издержки на заработную плату при эксплуатации базовой модификации машины, руб.;

$\overline{К}_2^1$ – издержки на заработную плату при эксплуатации усовершенствованной модификации машины, руб.;

B_2, B_1 – производительность новой и усовершенствованной модификаций машин, га/час;

При сравнении представленных модификаций машин годовые издержки и капитальные вложения равны:

- по базовой модификации машины:

$$И_1^1 = \overline{И}_1^1 \times \frac{B_2}{B_1} = 8962 \times \frac{0.49}{0.41} = 10710.6 \text{ руб.}$$

$$К_1^1 = \overline{К}_1^1 \times \frac{B_2}{B_1} = 2650 \times \frac{0.49}{0.41} = 3167.1 \text{ руб.}$$

- по усовершенствованной модификации машины:

$$И_2^1 = \overline{И}_2^1 \times \frac{B_2}{B_1} = 8662 \times \frac{0.49}{0.41} = 10352.1 \text{ руб.}$$

$$К_2^1 = \overline{К}_2^1 \times \frac{B_2}{B_1} = 2208 \times \frac{0.49}{0.41} = 2638.8 \text{ руб.}$$

2. Приведенные затраты по базовой и усовершенствованной модификациям дождевальных машин определяем по формуле (5.3):

$$З = C + E_H \times K \quad (5.3)$$

где $З$ – приведенные затраты единицы техники (работы), руб.;

K – удельные капитальные вложения в производственные фонды, руб.;

C – общая стоимость капитальных вложений, руб.;

E_H – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений;

- по базовой модификации машины:

$$З_1 = C_1 + E_H \times K_1 = 7125000 + 0.15 \times 2600000 = 7515000 \text{ руб.}$$

- по усовершенствованной модификации машины:

$$З_2 = C_2 + E_H \times K_2 = 7180500 + 0.15 \times 2655500 = 7578000 \text{ руб.}$$

3. Коэффициент реновации машин рассчитываются, как величины, обратные сроку службы:

$$P = \frac{1}{T_0} \quad (5.4)$$

где: T_0 – срок службы машины.

получим:

- по базовой модификации машины:

$$P_1 = \frac{1}{8} = 0.125$$

- по усовершенствованной модификации машины:

$$P_2 = \frac{1}{10} = 0,1$$

«Методикой определения экономической эффективности капитальных вложений» нормативный коэффициент эффективности по народному хозяйству в целом устанавливается на уровне не ниже 0,12. При решении вопроса о целесообразности создания и внедрения новой техники, изобретений и рационализаторских предложений нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений принимают равным 0,15.

Из выражения (5.3) следует, что для определения наиболее экономичного варианта дождевальной техники необходимо знать или рассчитать капитальные вложения и себестоимость (текущие затраты) на приобретение, устройство и обслуживание данного вида техники.

Особое значение при этом имеет сопоставимость вариантов, то есть материальный эффект (продукция и ее количество) по всем вариантам должен быть одинаков. Нарушение этого условия недопустимо. При разном материальном эффекте необходимо все сопоставляемые варианты привести к сравнимому виду путем пересчета капитальных вложений и себестоимости на одинаковый объем продукции при одном и том же составе культур. В этом случае удобнее всего капитальные вложения и себестоимость относить на единицу продукции.

4. Расчет годового экономического эффекта от внедрения новой более совершенной дождевальной техники осуществляется по выражению (5.5):

$$\mathcal{E} = \left[3_1 \times \frac{B_2}{B_1} \times \frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H} + \frac{(I_1^1 - I_2^1) - E_H \times (K_2^1 - K_1^1)}{P_2 + E_H} - 3_2 \right] \times A_2 \quad (5.5)$$

где: A_2 – количество машин, шт.

Таким образом, годовой экономический эффект от внедрения усовершенствованной дождевальной машины кругового действия «Кубань-ЛК1» для работы на склоновых участках, составит:

$$\mathcal{E} = \left[3_1 \times \frac{B_2}{B_1} \times \frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H} + \frac{(I_1^1 - I_2^1) - E_H \times (K_2^1 - K_1^1)}{P_2 + E_H} - 3_2 \right] \times A_2 = \left[7515000 \times \frac{0.49}{0.41} \times \frac{0.125 + 0.15}{0.1 + 0.15} + \frac{(10710 - 10353) - 0.15 \times (2639 - 3168)}{0.1 + 0.15} - 7578000 \right] \times 1 = 2303221 \text{ руб.}$$

Согласно «Методике определения экономической эффективности капитальных вложений», по отдельным предприятиям, стройкам и объектам, отдельным мероприятиям и технико-экономическим проблемам коэффициент общей экономической эффективности выражается отношением прибыли к капитальным вложениям и вычисляется по формуле (5.6):

$$\mathcal{E}_{\text{пп}} = \frac{\text{Ц} - \text{С}}{\text{К}} = \frac{\text{П}}{\text{К}} \quad (5.6)$$

где: К – удельные капитальные вложения в производственные фонды, руб.;

Ц – стоимость годового выпуска продукции в оптовых ценах предприятия, руб.

С – себестоимость годового выпуска продукции, руб.;

П = Ц – С – годовая прибыль, руб.

6. Срок окупаемости капитальных вложений прибылью предприятия определяется по формуле (5.7):

$$t_{\text{оп}} = \frac{\text{К}}{\text{Ц} - \text{С}} = \frac{\text{К}}{\text{П}} \quad (5.7)$$

При использовании усовершенствованной машины срок окупаемости капитальных вложений составит:

$$t_{\text{оп}} = \frac{\text{К}}{\text{Ц} - \text{С}} = \frac{\text{К}}{\text{П}} = \frac{2655500}{147600000 - 36000000} = 0.024 \text{ года} = 1 \text{ сельскохозяйственный сезон}$$

Выводы по пятой главе

1. Экономическая оценка от внедрения дождевальной машины кругового действия «Кубань-ЛК1» оборудованной регуляторами расхода и распыла струи дождевальных аппаратов в районе концевой и консольной части, при работе в условиях склоновых земель, показала, что экономический эффект от использования машины составляет 2303221 руб., а срок окупаемости капитальных вложений прибылью составляет 0,024 года или 1 сельскохозяйственный сезон.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Теоретическими исследованиями установлено, что время стабилизации клапана с мембраной регулятора расхода определяется площадью сечения проходного отверстия и жесткостью пружины клапана регулятора. Наименьшее время стабилизации хода клапана (время регулирования давления) при сохранении необходимого расхода получено при диаметре проходного сечения 11,8 мм и жесткости пружины 1,48 Н/мм.

2. Теоретическими исследованиями дождевального аппарата с рассекателем установлено, что применение рассекателя позволяет увеличить мгновенную площадь орошения в 1,5 раза, за счет установки винта рассекателя на глубину $0,3d$ сопла, на диаметре сопла 5,6 мм глубина установки винта рассекателя М6 с конусной частью под углом 45° составляла 1,68 мм. Применение дождевального аппарата с рассекателем на ДМ «Кубань-ЛК1» позволит обеспечить среднюю интенсивность подачи воды $\rho = 0,20$ мм/мин.

3. Экспериментальными исследованиями установлено, что для обеспечения расхода воды усовершенствованным регулятором 1,6 – 1,7 л/с диаметр проходного сечения регулятора расхода составляет 12 мм при обеспечении необходимого и постоянного давления после себя в пределах 0,29 – 0,31 МПа. Установлено, что для обеспечения интенсивности подачи 0,2 мм/мин, дождевальный аппарат с рассекателем стержневого типа должен иметь следующие рациональные параметры: отверстие диаметром 5,6 мм и глубину установки в сопло винта рассекателя М6 с конусной частью под углом 45° – 1,68 мм ($0,3$ диаметра сопла).

4. При внедрении ДМ, оборудованной регуляторами расхода и дождевальными аппаратами с рассекателем получен экономический эффект 2303221 руб.

Рекомендации производству

Для повышения эффективности полива ДМ кругового действия необходимо использовать устройства для регулирования давления и дождевальных аппаратов.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Для совершенствования ДМ необходимо разработать дашборд параметров полива.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.С. № 2018903 (РФ), МКИ G05D 7/01. Прямоточный регулятор расхода /В.А. Битюков, А. Н. Гаврилов (РФ). - Заявл. 08.06.1990; опубл.30.08.1994, бюл. №16.
2. Абрамов, А. М. Методы определения эрозионно допустимых поливных норм при дождевании: Автореф. дис. канд. техн. наук. - М., 1987. - 18 с
3. Агротехнические требования на дождевальную электрифицированную машину кругового действия. – М. Минсельхоз, 1985 г.
4. Адлер, Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Е. В., Г. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 134 с.
5. Айдаров, И. П. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справочник / И. П. Айдаров, К. П. Арент, В. Н. Басе; под ред. Б. Б. Шумакова. - М.: Колос, 1999. - 432 с.
6. Алексакин, А.В. Мелиорация земель в Нечерноземной зоне РСФСР [Текст] / А.В. Алексакин, Н.И. Дружинин – Москва: Колос, 1980. – 288 с.
7. Алексеев, В. М. Полевые методы изучения механических свойств грунтов: учебное пособие / В. М. Алексеев, П. И. Калугин. – Воронеж: Воронеж. гос. арх. – строит. ун-т., 2011 – 112 с.
8. Алексеев, В. С. Математическая модель процесса орошения дождевальной машиной сложного рельефа поля / В. С. Алексеев, С. В. Чумакова, А. В. Русинов // Орошаемое земледелие. – 2024. – № 1(44). – С. 54-58.
9. Аль-Хадад, А.О. Изменение свойств самана в зависимости от влажности /А. О .Хадад, Б. Я .Трофимов//Вестник ЮУрГУ. "Строительство и архитектура", 2018г.-№ 1.- с.41-46.
10. Анализ пространственного варьирования влажности почвенного покрова вдоль фронта дождевальной машины / А. М. Зейлигер, С. В. Затицацкий, О. С. Ермолаева, Д. А. Колганов // Природообустройство. – 2023. – № 3. – С. 15-22.
11. Бабков, В.Ф. Основы грунтоведения и механики грунтов [Текст] / В.Ф. Бабков, А.В. Гербут-Гейбович– Москва: Высшая школа, 1964. – 366 с.

12. Беккер, М. Г. Введение в систему «местность-машина» / М. Г. Беккер ; пер. с англ. В. В. Гуськова. – М. : Машиностроение, 1973. – 520 с.
13. Богомолов, А. И. и др. Примеры гидравлических расчетов. – М.: Транспорт, 1977 г.
14. Варлев, И. Оптимальная равномерность полива / И. Варлев // Гидравлика и мелиорация. - М., 1981. - № 6.- С. 77-81.
15. Васильев, Б. А. И Исследование распределения капель в факеле распыленной жидкости / Б. А. Васильев, С. П. Ильин // Новое в технике и технологии полива: сб. науч. тр. ВНИИМиТП. - Коломна, 1974. - Т. 6. - С. 80-86.
16. Васильченко, А. П. К вопросу оснащения пунктов водоучета средствами телеметрии / А. П. Васильченко, А. Е. Шепелев, А. М. Кореновский // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2020. – № 3(39). – С. 140-153. – DOI 10.31774/2222-1816-2020-3-140-153. – EDN WBMMEQ.
17. Вероятностное моделирование процессов дождевания / В. А.Черноволов, Л. В. Кравченко, В. Н. Литвинов, А. В. Никитина, А. А. Филина / Computational Mathematics and Information Technologies. — 2019. – Т. 1, № 1. – С. 50–63.
18. Винникова, Н. В. Технический уровень орошения дождевания в США / Н. В. Винникова, В. П. Рыжонков / М-во водохоз. строительства СССР. – М. : ЦБНТИ Минводстроя СССР, 1989. – 56 с.
19. Воробьёв, Е. С. Численные методы и математическое моделирование. Основы численных методов и приёмы построения математических моделей на их основе и эти решения в различных пакетах / Е. С. Воробьёв, В. Е. Воробьёва. – Казань: Казанский национальный технологический университет, 2016. – 105 с.
20. Гаврилица, А. О. Дождевание склонных земель ЭДМ Кубань – ЛК1 / А. О. Гаврилица, А. И. Рязанцев // Мелиорация и водное хозяйство. – 1991. – № 4.
21. Гаврилица, А. О. Оптимизация широкозахватных дождевальных машин кругового действия для сложных почвенно-рельефных условий / А. И. Рязанцев, А. О. Гаврилица. – Кишинев: Штиинца, 1991. – 207 с.

22. Гомберг С.В. Интенсивность дождя дефлекторных насадок ДМ «Фрегат» / С.В. Гомберг В.В. Слюсаренко, Н.Ф. Рыжко // Актуальные проблемы АПК. Сб. научных работ. - Саратов: ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2006. - С. 84-88.
23. ГОСТ 24055-80 «Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технической оценки. Общие положения» и ОСТ 1011.1.2000 М; Госстандарт, 2000.
24. ГОСТ 27.002 – 89 Надежность в технике. Основные понятия, термины и определения – Москва: Стандартиформ
25. ГОСТ 34393 – 2018. Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы экономической оценки. – М. – ФГУП «Стандартиформ», 2018 – 15 с.
26. ГОСТ ИСО 8224-1-2004. Машины дождевальные подвижные. Часть 1. Эксплуатационные характеристики и методы лабораторных и полевых испытаний – М. : Союзсельхозтехника, 2004. – 32 с.
27. Гостищев, Д.П. Меры по борьбе с эрозией почв при поливе сельскохозяйственных культур дождеванием / Д.П. Гостищев, Е.Ю. Гильденберг //Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования. - М.: ВНИИ А имени Д.Н. Прянишникова, 2007.- №2.- С.136-142.
28. Губер, К.В. Оценка качества полива дождевальной техники / К.В. Губер / Комплексные мелиорации - средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. - М.: ФГБНУ ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2014. - С. 28-34.
29. Гусейн-заде, С.Х. Колесо приводной тележки перекатываемого дождевального трубопровода [Текст] / С.Х. Гусейн-Заде, В.И. Коваленко Авт. Св. №1066503.
30. Дайчик, М.Л. Методы и средства натуральной тензометрии. Справочник [Текст] / М.Л. Дайчик, Н.И. Пригоровский, Г.Х. Хуршудов. – Москва: Машиностроение, 1989. – 240 с.

31. Дождевальные машины и оборудование для орошения сельскохозяйственных культур [Текст] : [Сборник статей] / [Науч. ред. д-р техн. наук Б. М. Лебедев]. - Москва : Отд. науч.-техн. информации, 1971. - 321 с.

32. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта : (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Изд. 5-е, доп. и перераб. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с. : ил. – Гл. 5 : Планирование полевого эксперимента. – С. 72 – 10; Гл. 18 : Дисперсионный анализ). – С. 207-267.

33. Дубенок, Н. Н. Расчеты параметров дождевальных машин комбинированного фронтально-кругового перемещения / Н. Н. Дубенок, Г. В. Ольгаренко, Б. С. Гордон // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2020. – № 4. – С. 4-7.

34. Евсеев, Е. Ю. К снижению интенсивности дождя дождевальными аппаратами / Е. Ю. Евсеев, А. И. Рязанцев // Вестник мелиоративной науки. – 2022. – № 1. – С. 33-35.

35. Евсеев, Е. Ю. К усовершенствованию регулятора расхода дождевальных аппаратов многоопорных дождевальных машин / Е. Ю. Евсеев, А. О. Антипов, А. И. Рязанцев // Вестник мелиоративной науки. – 2020. – № 3. – С. 36-39.

36. Евсеев, Е. Ю. Конструктивные особенности регулирующих устройств расходно-напорных характеристик дождевателей / Е. Ю. Евсеев, А. И. Рязанцев, А. О. Антипов // Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 12 декабря 2019 года / Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. Том Часть III. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2019. – С. 113-118.

37. Евсеев, Е. Ю. Повышение эффективности применения многофункциональной машины на склоновых площадях / Е. Ю. Евсеев // Нива Поволжья. – 2023. – № 2(66).

38. Евсеев, Е. Ю. Регулирование водоотдачи ДМ "Кубань – ЛК1" на склоновых участках / Е. Ю. Евсеев, А. И. Рязанцев, А. О. Антипов // Материалы

Всероссийской национальной научно-практической конференции, посвящённой 80-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина, Рязань, 12–13 ноября 2019 года / ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, Совет молодых ученых. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 83-88.

39. Журавлева, Л. А. Исследования равномерности распределения дождя при поливе широкозахватной дождевальной техникой / Л. А. Журавлева // Научная жизнь. – 2024. – Т. 19, № 1(133). – С. 8-16.

40. Журавлева, Л. А. Моделирование движения воды во вращающихся дождевателях широкозахватных дождевальных машин / Л. А. Журавлева, И. А. Попков, М. С. Магомедов // Природообустройство. – 2022. – № 3. – С. 48-53.

41. Журавлева, Л. А. Техничко-технологические решения экологически безопасного полива широкозахватными дождевальными машинами / Л. А. Журавлева // Научная жизнь. – 2023. – Т. 18, № 6(132). – С. 838-847.

42. Журавлева, Л. А. Экспериментально-теоретические исследования системы "норма полива - почва - дождевальная машина" / Л. А. Журавлева, И. А. Попков, М. С. Магомедов // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 9. – С. 96-103.

43. Журавлева, Л.А. Равномерность распределения воды при орошении дождевальными насадками / Л.А. Журавлева // Проблемы и перспективы инновационного развития мирового сельского хозяйства. Сб. статей 6 Межд. науч.-практ. конф. - Саратов: ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2016. - С. 100-102.

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

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

46. Исследования характеристик потока в напорных трубопроводах оросительных систем с дискретным отбором жидкости / Л. А. Журавлева, И. А. Попков, А. Алдиаб, Б. Хеирбеик // Природообустройство. – 2022. – № 5. – С. 100-104.

47. К вопросу распыла струи дождевальными аппаратами широкозахватных дождевальных машин / Е. Ю. Евсеев, А. И. Рязанцев, А. О. Антипов, И. В. Малько // Инженерные решения для АПК : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 83-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007), Рязань, 16 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 91-94.

48. К вопросу техники полива для условий Окской поймы / А. И. Рязанцев, А. О. Антипов, А. А. Ахтямов, Е. Ю. Евсеев // Государственная власть и крестьянство в XIX - начале XXI века : сборник статей, Коломна, 26–28 октября 2017 года / Ответственный редактор А.И. Шевельков. – Коломна: Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области "Государственный социально-гуманитарный университет", 2018. – С. 326-329.

49. К регулированию расхода дождевальных аппаратов многоопорной дождевальной машины "Кубань-ЛК1" / Е. Ю. Евсеев, А. И. Рязанцев, И. В. Малько, Е. С. Метлинов // Перспективные технологии и приемы управления продуктивностью агроэкосистем на мелиорированных землях (к 95-летию Почвенного института) : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Тверь, 30 сентября 2022 года. – Тверь: Тверской государственный университет, 2022. – С. 266-270.

50. Камышова, Г. Н. Нейросетевое моделирование водопотребления / Г. Н. Камышова, Д. А. Колганов, Н. Н. Терехова // Аграрный научный журнал. – 2021. – № 5. – С. 88-92.

51. Колганов, А. В. Определение напряженного состояния стеклопластикового напорного трубопровода широкозахватной дождевальной машины / А. В. Колганов, А. Е. Шепелев, А. П. Васильченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного

университета. – 2023. – № 191. – С. 164-172. – DOI 10.21515/1990-4665-191-027. – EDN MHADJU.

52. Конструктивные особенности регуляторов давления дождеобразующих устройств / Е. Ю. Евсеев, А. И. Рязанцев, А. В. Агейкин, А. О. Антипов // Вестник мелиоративной науки. – 2021. – № 1. – С. 52-57.

53. Кравченко, Л. В. Математическое моделирование процесса дождевания струйными аппаратами при работе по сектору / Л. В. Кравченко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2017. – №2 (46). – С. 239–249.

54. Кравченко, Л. В. Математическое моделирование распределения воды машинами позиционного действия при работе струйных аппаратов по кругу / Л. В. Кравченко // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования : материалы Междунар. научн.-практ. конф. конференции, 31 января – 03 февраля 2017 г. / М-во с.-х. Рос. Федерации, Департамент науч.-техн. политики и образования, Федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высш. образования "Волгоградский государственный аграрный университет" [и др.] ; [редкол.: А. С. Овчинников (гл. ред.) и др.]. – Волгоград, 2017. – С. 152–161.

55. Криулин К.Н. Орошение дождеванием: учебное пособие / К.Н. Криулин, М.Ю. Патрина, Ю.Б. Полетаев. -СПб.: гос Политехн. ун-т, 2003. - 53с.

56. Кузнецова, Е. В. Математическое планирование эксперимента: учебно-методическое пособие / Е. В. Кузнецова. – Пермь: Пермский государственный технический университет, 2011. – 33 с.

57. Ларионова, А.М. Пути повышения качества полива дождевальными машинами / А.М. Ларионова, Г.А. Михалева, Е.В. Шевцов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. Сб. науч. трудов Межд. науч.-практ. конф.- 2016. -С.360-365.

58. Лебедев, Б. М. Дождевальные машины [Текст] : Теория и конструкции / Б.М. Лебедев. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 1977. - 246 с

59. Ляшков, М.А. Обоснование распределения дождевальных аппаратов с учетом характеристик дождя / М.А. Ляшков, Ю.Е. Домашенко, С.М. Васильев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. - 2018. - №1. - С.122-126.
60. Макарова, Н.В. Статистика в Excel: учебное пособие / Н.В. Макарова, В.Я. Трофимец. - М.: Финансы и статистика, 2002. - 365с.
61. Машина дождевальная «Кубань ЛК1» МДЭК 474–70 и модификации : Технические условия ТУ 4734–350–000080–64. – 2005.
62. Машины и механизмы для полива // Моя библиотека : [сайт]. – 2015 – URL: <https://mybiblioteka.su/tom2/5-52207.html> (дата обращения: 13.11.2020).
63. Медведев, В.В. Твёрдость почвы / В.В. Медведев.- Харьков, КГП "Городская Типография", 2009.-152с.
64. Методика определения нормативных затрат на эксплуатацию гидромелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений : научно-методическое издание / Г. В. Ольгаренко, В. Н. Краснощеков, Т. А. Капустина [и др.]. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью "Русайнс", 2022. – 282 с.
65. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. В 2 ч. / А. В. Шпилько, Т. Я. Бутенко, В. И. Драгайцев [и др.] ; под общ. ред. А. В. Шпилько. – М.: Минсельхоз России, 1998. – Ч. 1. –220 с., Ч. 2. – Нормативно-справочный материал. – 252 с.
66. Механизация полива. Справочник / Б. Г. Штепа, В. Ф.Носенко, Н. В. Винникова, И. С. Остапов [и др.]-М.: Агропромиздат.- 1990. – 336 с.
67. Мильченко, Н.Ю. / Методика расчета режима распыления раствора сельскохозяйственного назначения с учетом метеоусловий / Н.Ю. Мильченко // Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях. - Волгоград, 2016. - С. 284-289.
68. Митропольский, А. К. Техника статистических вычислений / А. К. Митропольский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1971. – 576 с. – (Физико-математическая б-ка инженера).

69. Многоопорные дождевальные машины / [С. Х. Гусейн-заде, Л. А. Перевезенцев, В. И. Коваленко, В. Г. Луцкий]; Под ред. С. Х. Гусейн-Заде. - Москва : Колос, 1984. - 191 с.

70. Многоопорные дождевальные машины / С. Х. Гусейн-заде, Л. А. Перевезенцев, В. И. Коваленко [и др.]. – М. : Колос, 1984. – 191 с.

71. Направления совершенствования регулирующих устройств для многоопорных дождевальных машин кругового действия типа "Кубань-ЛК1" / А. И. Рязанцев, А. О. Антипов, Е. Ю. Евсеев, А. И. Смирнов // Современное состояние, приоритетные задачи и перспективы развития аграрной науки на мелиорированных землях : Материалы международной научно-практической конференции, Тверь, 25 сентября 2020 года. Том Часть 2. – Тверь: Тверской государственный университет, 2020. – С. 155-159.

72. Никитин, Г. А., Комаров А. А. Распределительные и регулирующие устройства гидросистем. – М.: «Машиностроение», 1965.

73. Новые конструкции дождевальных аппаратов / К. В. Губер, З. И. Канардов, Г. П. Лямпер [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. – № 3. – С. 34–37.

74. Обоснование параметров по совершенствованию регулятора расхода дождевальных аппаратов машины "Кубань-ЛК1" / А. И. Рязанцев, М. Ю. Костенко, А. О. Антипов [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2020. – № 4(48). – С. 107-113.

75. Обоснование расхода воды и схемы полива дефлекторных насадок на ДМ "Бамбук" / Н. Ф. Рыжко, С. Н. Рыжко, Е. А. Шишенин, Б. Н. Бельтиков // Орошаемое земледелие. – 2020. – № 2. – С. 55-58.

76. Обоснование регулирования расхода дождевальных аппаратов широкозахватных машин кругового действия / А. И. Рязанцев, С. С. Турапин, Е. Ю. Евсеев, А. О. Антипов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2022. – № 3. – С. 6-9.

77. Обоснование регулирования расходно-напорных характеристик дождевальных машин работающих в движении по кругу / А. И. Рязанцев, А. Н. Зазуля,

Е. Ю. Евсеев, А. О. Антипов // Наука в центральной России. – 2022. – № 5(59). – С. 69-76.

78. Ольгаренко, Г. В. Отечественные дождевальные машины «Кубань» / Г.В. Ольгаренко, А.Н. Мурачев // Земледелие. - 2004. - №6. - С. 33.

79. Ольгаренко, Г. В. Разработка и испытания новой отечественной широкозахватной дождевальной машины / Г. В. Ольгаренко, С. С. Турапин // Достижения науки и техники АПК. – 2020. – Т. 34, № 12. – С. 78-83.

80. Ольгаренко, Г. В. Совершенствование технологического процесса орошения и конструкции шланго-барабанных дождевальных машин с плоскосворачиваемым шлангом / Г. В. Ольгаренко, А. И. Рязанцев, А. А. Терпигорев // Экология и строительство. – 2020. – № 1. – С. 32-41.

81. Определение влажности почвы одновременным измерением магнитной и диэлектрической проницаемости / С. М. Сычев, Б. Б. Якобсон, Л. А. Журавлева [и др.] // Мелиорация и водное хозяйство. – 2023. – № 6. – С. 46-49.

82. Оценка несущей способности почвы при поливе ДМ "Кубань-ЛК1" участков на сложном рельефе / А. И. Рязанцев, А. Н. Зазуля, Е. Ю. Евсеев, А. О. Антипов // Наука в центральной России. – 2023. – № 3(63). – С. 32-39.

83. Оценка показателей технологического процесса полива ДМ "Кубань - ЛК1" на склоновых землях / А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев, А. О. Антипов [и др.] // Вестник мелиоративной науки. – 2021. – № 2. – С. 40-43.

84. Патент № 2664570 С2 Российская Федерация, МПК А01G 25/06. Экологически безопасный способ увлажнения широких междурядий почв легкого гранулометрического состава при капельном орошении : № 2016129289 : заявл. 18.07.2016 : опубл. 21.08.2018 / Ю. В. Соколов, Г. В. Ольгаренко, В. И. Булгаков [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга" (ФГБНУ ВНИИ "Радуга").

85. Патент № 2769732 С1 Российская Федерация, МПК А01G 25/02, В05В 1/26. способ установки стержневого рассекателя на дождевальном аппарате : № 2020142352 : заявл. 21.12.2020 : опубл. 05.04.2022 / А. И. Рязанцев, С. С. Турапин, Е.

Ю. Евсеев, А. О. Антипов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга".

86. Патент № 2801537 С1 Российская Федерация, МПК А01G 25/09, В05В 1/30. Способ подготовки многоопорной дождевальная машины кругового действия к поливу на склонах : № 2022126349 : заявл. 10.10.2022 : опубл. 10.08.2023 / А. И. Рязанцев, С. С. Турапин, Е. Ю. Евсеев, А. О. Антипов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга".

87. Патент на изобретение №2279121 (РФ) МИК G 05 D 16/06 Регулятор расходно-напорных характеристик. /А. И. Рязанцев, Н. Я. Кириленко, А. В. Шереметьев (РФ). - Заявл. 22.04.2005; опубл.27.06.2006., бюл. №18.

88. Патент на полезную модель № 211759 U1 Российская Федерация, МПК А01G 25/00. Дождевальная установка : № 2022102621 : заявл. 03.02.2022 : опубл. 21.06.2022 / А. И. Рязанцев, С. С. Турапин, Ж. К. Леонова [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга".

89. Патент на полезную модель № 217605 U1 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Стержневой рассекатель струи дождевального аппарата : № 2022131487 : заявл. 01.12.2022 : опубл. 07.04.2023 / А. И. Рязанцев, Г. К. Рембалович, Е. Ю. Евсеев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

90. Патент на полезную модель № 221070 U1 Российская Федерация, МПК G01F 23/18. Устройство для измерения расхода воды и передачи данных на расстояние : № 2023109591 : заявл. 06.05.2021 : опубл. 17.10.2023 / А. А. Чураев, А. Е. Шепелев, Л. В. Юченко [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации". – EDN CGCNMH.

91. Патент на полезную модель № 222156 U1 Российская Федерация, МПК A01G 25/09, G05D 16/06. Регулятор давления дождеобразующих устройств дождевальными машин : № 2023125538 : заявл. 05.10.2023 : опубл. 13.12.2023 / О. В. Логачева, С. М. Бакиров, Ю. Н. Гrepечук, Д. А. Колганов [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова".

92. Патент на полезную модель № 222158 U1 Российская Федерация, МПК A01G 25/09. Опорная тележка широкозахватной дождевальной машины с электроприводом : № 2023123048 : заявл. 05.09.2023 : опубл. 13.12.2023 / А. А. Чураев, А. П. Васильченко, А. Е. Шепелев [и др.] ; заявитель федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации". – EDN SISPHR.

93. Патент на полезную модель № 36166 RU U1. Низконапорная многоопорная дождевальная машина кругового действия с гидроприводом / Г. В. Ольгаренко, А. И. Рязанцев, Ю. Н. Егоров, В. В. Каштанов; патентообладатель Всероссийское науч.-произв. об-ние по орошению и сельхозводоснабжению «Радуга»; № 2003126049/20; заявл. 28.08.2003 ; опубл.10.03.2004, Бюл. № 7.

94. Патент на полезную модель №55161, МКИ G 05 D 16/06. Регулятор расходно-напорных характеристик /А. И. Рязанцев, Н. Я. Кириленко, А. В. Шереметьев (РФ). - Заявл. 04.04.2006; опубл.27.07.2006, бюл. №21.

95. Разоренов, В. Ф. Пенетрационные испытания грунтов / В. Ф. Разорёнов. – М. : Стройиздат,1968. – с.

96. Результаты исследований агротехнических показателей равномерности распределения дождя струйной веерной дождеобразующей насадкой при поливе грибов / И. Р. Азизов, А. В. Русинов, С. А. Анисимов, О. В. Карпова // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 3. – С. 111-115.

97. Результаты исследований технических и качественных показателей полива дождевальной машины "Волга-ФК1" / Д. А. Соловьев, Н. Ф. Рыжко, С. Н. Рыжко, Е. А. Шишенин // Аграрный научный журнал. – 2022. – № 6. – С. 107-111.

98. Руководство по эксплуатации. Техническое описание и инструкции. Машина дождевальная электрифицированная круговая «Кубань-ЛК1М» (КАСКАД). - Саратов, 2016. - 121с.

99. Русинов, Д. А. Теоретические аспекты создания дождевальной насадки с вращающимся дефлектором / Д. А. Русинов, А. В. Кравчук, Д. А. Колганов // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 4. – С. 142-147.

100. Рыжко, Н. Ф. Инновационные технические решения при совершенствовании многоопорных дождевальных машин / Н. Ф. Рыжко, С. Н. Рыжко, А. В. Смаржиев // Концептуальные аспекты современного состояния и развития мелиорации и эффективного использования водных ресурсов : Сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции с международным участием, посвященной 55-летию образования ФГБНУ «ВолжНИИГиМ», Энгельс, 28 мая 2021 года / Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации. – Саратов: ООО "Орион", 2021. – С. 121-126.

101. Рыжко, Н.Ф. Обоснование ресурсосберегающего дождевания / Н.Ф. Рыжко // - Саратов: Вестник Саратовского Госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова, 2014. - № 7. - С. 40-45.

102. Рыжко, Н.Ф. Оценка и расчет равномерности полива дождевальных аппаратов и дефлекторных насадок / Н.Ф. Рыжко, Е.И. Гуркин, Ю.А. Емельянов // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. - 2009. - № 3. - С. 41-45.

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

104. Рязанцев, А. И. Направления совершенствования дождевальных машин и систем / А. И. Рязанцев. – Рязань: ФБГОУ РГАТУ, 2013 – 306 с.

105. Рязанцев, А. И. Особенности работы дождевальной машины «Кубань - ЛК1» на склоновых площадях / А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев, А. О. Антипов // Экология и строительство. – 2021. – № 3. – С. 22-29.

106. Рязанцев, А. И. Повышение эксплуатационных показателей транспортных систем многоопорных дождевальных машин дождевальной техники / А. И. Рязанцев. – Коломна: ГОУ ВО МО ГСГУ, 2014. – 245 с.

107. Рязанцев, А. И. Улучшение эксплуатационных показателей дождевальной техники / А. И. Рязанцев. – Рязань: ФБГОУ РГАТУ, 2014. – 303 с.

108. Рязанцев, А. И. Эксплуатация транспортных систем многоопорных дождевальных машин / А. И. Рязанцев. – Коломна: ГОУ ВО МО ГСГУ, 2016. – 225 с.

109. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023683213 Российская Федерация. Определение производительности дождевальных машин и установок : № 2023667587 : заявл. 16.08.2023 : опубл. 03.11.2023 / А. О. Антипов, А. И. Рязанцев, Е. Ю. Евсеев [и др.] ; заявитель Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области "Государственный социально-гуманитарный университет".

110. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019614494 Российская Федерация. Выбор оптимального варианта полива дождевальной машиной фронтального или кругового действия и расчет параметров орошения ("VOVDM.xlsx") : № 2019613207 : заявл. 27.03.2019 : опубл. 05.04.2019 / Г. В. Ольгаренко, В. И. Булгаков, Т. А. Капустина, М. П. Замаховский ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга" (ФГБНУ ВНИИ "Радуга").

111. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020615516 Российская Федерация. Определение расхода воды в открытых каналах и водотоках при помощи программно-аппаратных средств : № 2020614536 : заявл. 12.05.2020 : опубл. 25.05.2020 / А. А. Чураев, В. М. Филимонова, А. М. Кореновский [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (ФГБНУ «РосНИИПП»). – EDN VISJIT.

112. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020661514 Российская Федерация. Программа расчета расхода воды в открытом

оросительном канале с фиксированным руслом методом "скорость-площадь" : № 2020660511 : заявл. 14.09.2020 : опубл. 24.09.2020 / А. А. Чураев, А. П. Васильченко, А. Е. Шепелев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (ФГБНУ «РосНИИПМ»). – EDN INGYHY.

113. Слюсаренко, В.В. Совершенствование дождевальной техники / В.В. Слюсаренко, Л.А. Журавлева // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. - 2003. - № 2. - С. 50-53.

114. Смильский, В. В. Исследование сопротивляемости почв деформированию жесткими прямоугольными штампами / В. В. Смильский, Е. М. Галкин // БелСХА. – 1983. – Вып. 99. – С. 79–86.

115. Совершенствование и опыт эксплуатации многоопорных широкозахватных дождевальных машин, работающих в движении / Н. В. Винникова, А. А. Митрюхин, Л. А. Перевезенцев [и др.]. – М. : ЦБНТИ, 1985. – 88 с.

116. Способы повышения ветроустойчивости перекачиваемых дождевальных трубопроводов и стабилизации их движения в процессе эксплуатации [Текст] / [С. Х. Гусейн-заде, Л. А. Перевезенцев, Т. А. Талыбов]. - Баку : АзНИИНТИ, 1983. - 21 с.

117. СТО АИСТ 11.1 – 2010. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей / ФГБНУ «Росинформагротех». – М., 2012. – 54 с.

118. Стоноженко, Л.В. Применение MS Excel и Statistica for Windows для лесотаксационных вычислений и обработки экспериментальных данных методами математической статистики: учебное пособие / Л. В. Стоноженко, А. Н. Югов, В. Н. Карминов. – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012 – 156 с.

119. Теоретическое обоснование оптимальных геометрических параметров сопла струйной веерной дождеобразующей насадки для полива шампиньонов / И. Р. Азизов, А. В. Русинов, С. В. Чумакова, С. А. Анисимов // Аграрный научный журнал. – 2023. – № 10. – С. 140-146.

120. Технические решения по модернизации дождевальных машин кругового действия и результаты их внедрения / Н. Ф. Рыжко, Н. В. Рыжко, С. Н. Рыжко, Е. С. Смирнов // Орошаемое земледелие. – 2019. – № 2. – С. 21-24.

121. Технические условия ТУ 4734–350–000080–64. Машина дождевальная «Кубань – ЛК1» МДЭК 474–70 и модификации, 2005.

122. Технологические особенности полива и показатели оценки эффективности ходовой системы дождевальной машины "Кубань-ЛК1" / А. И. Рязанцев, А. О. Антипов, А. И. Смирнов [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2019. – № 4(44). – С. 110-113.

123. Улучшение качественных показателей полива многоопорными дождевальными машинами / Н. Ф. Рыжко, С. Н. Рыжко, Е. С. Смирнов [и др.] // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях : Материалы IX Международной научно-практической конференции, Саратов, 27–28 апреля 2022 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2022. – С. 83-88.

124. Ульянов, А. Ф. Разработка фронтальной многоопорной дождевальной машины шагающего типа/ А. Ф. Ульянов, М. Г. Кoryтов //Тракторы и сельхозмашины» №11, 1979 г.

125. Характеристика и расчет основных параметров дождевальных машин // Studwood.net : [сайт]. – 2020 – URL: https://studwood.net/2058154/agropromyshlennost/harakteristika_i_raschet_osnovnyh_parametrov_dozhdevalnyh_mashin (дата обращения: 15.10.2021).

126. Хей, С. А. Влияние искусственных структурообразователей на механические и водные свойства песчаных почв : автореф. дис. канд. биол. наук / Хей Саид Абдель. – 1981. – 28 с.

127. Цытович, Н. А. Механика грунтов / Н. А. Цытович. – М. : Госстройиздат, 1963. – 636 с.

128. Черноволов, В. А. Моделирование распределения воды стационарными системами с дождевальными аппаратами кругового действия при расположении

позиций по углам прямоугольника и ромба / В. А. Черноволов, Л. В. Кравченко, А. Ю. Несмиян // Вестник аграрной науки Дона. – 2019. – № 4(48). – С. 12–20.

129. Черноволов, В. А. Расчет равномерности дождевания машиной вращательного движения по результатам испытания аппарата радиальным методом / В. А. Черноволов, Л. В. Кравченко // Вестник ВИЭСХ. – 2016. – № 4(25). – С. 90–95.

130. Чураев, А. А. Оценка работоспособности испытываемого средства водоучета в диапазоне допустимой погрешности измерений / А. А. Чураев, А. Е. Шепелев, Л. В. Юченко // Мелиорация и гидротехника. – 2022. – Т. 12, № 1. – С. 228–244. – DOI 10.31774/2712-9357-2022-12-1-228-244. – EDN СННВСZ.

131. Чураев, А. А. Принципы подхода к расчету основных параметров трапецидального водослива при оснащении его современным прибором измерения уровня / А. А. Чураев, Л. В. Юченко, А. Е. Шепелев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2023. – № 192. – С. 158–168. – DOI 10.21515/1990-4665-192-013. – EDN GHFUZP.

132. Шереметьев, А. В. Совершенствование технологии и дождевальных машин кругового действия для орошения площадей со сложным рельефом / Рязанцев А. И., Кириленко Н. Я. // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». – 2009. – №2(33). – С.36–38.

133. Шереметьев, А. В. Технология и устройство для повышения качества полива дождевальной машиной «Фрегат» в условиях сложного рельефа : диссертация кандидата технических наук : 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства. Рязань. 2007.

134. Энергосбережение при поливе многоопорными дождевальными машинами кругового действия / А. И. Рязанцев, А. О. Антипов, А. А. Ахтямов, Е. Ю. Евсеев // Эффективное использование мелиорированных земель: проблемы и решения : Материалы Международной научно-практической конференции ФГБНУ ВНИИМЗ, Тверь, 28 сентября 2018 года. – Тверь: Тверской государственный университет, 2018. – С. 276–279.

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

136. Эффективность технологии приповерхностного полива многоопорными дождевальными машинами кругового действия / Н. Ф. Рыжко, Н. В. Рыжко, С. Н. Рыжко, Е. А. Шишенин // Орошаемое земледелие. – 2020. – № 1. – С. 50-53.

137. Evseev, E.Y. Improving the Traction and Adhesion Properties of Nano Water Sprinkling Machines Fregat in Areas with Rugged Terrain / Rozantsev A.I., Evseev E.Y., Malko I.V., Antipov A.O., Antipov O.V., // Journal of Medicinal and Chemical Sciences. 2021. T. 4. № 5. С. 472-483.

138. Evseev, E.Y. Technological Features of Irrigation and Assessment Indicators of Multibasic Irrigation Machines Running Systems Efficiency (on the Example of IM Kuban-LK1) / Ryazantsev A.I., Evseev E.Y., Antipov A.O., Smirnov A.I., Akhtyamov A.A., Rembalovich G.K. // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, Volume-8 Issue-8S3, June 2019.

139. Icarbio: [Электронный ресурс]: сайт – URL <https://icarbio.ru/articles/soprotivlenie-kacheniю.html> (дата обращения: 16.08.2022).

140. Keep sprinkler water you put it /«Colorado Rancher and Farmer», 1973– p. 15–20.

141. Miles, D.L. Farming Circles-Irrigation Age. – 1973. – №6. – p. 20–21, 48, 53, 56.

142. Richter, R. Probleme des Einsatzen von Fahrzeugen auf indwirtschaftlichgenutztem Boden / R. Richter, B.Hoffmann // Agrartechnik. – 1981. – № 9. – p.419 – 421.

143. Rolland, J.-L. Mechanized Sprinkler Irrigation / FAQ Irrigation and Drainage Paper. – Rome, 1988. – № 35.

144. Sorel, H. Beregnungsmaschinen und Dusenwagenim J Listen-vergleich / H/ Sorell, D. Scheibe // Landtechnik». – 1999. – Jg. 54, N 2. – S. 76–77.

145. Technological Features of Irrigation and Assessment Indicators of Multibasic Irrigation Running Systems Efficiency (on Example of IM Kuban - LK1) / А. И. Рязанцев,

А. И. Смирнов, Е. В. Евсеев [и др.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN 2278-3075. – 2019. – Vol. 8. – Issue. June. – S. 3.

146. The UWO M-F3090 Datatronik // Power Farming. – 1990. – Vol. 67, В. – P. 31.

147. Water conversation while using irrigation devices of multiple supports in the conditions of the Moscow region //А. И. Рязанцев, Г. В. Ольгаренко, А. О. Антипов, А. И. Смирнов // Amazonia Investiga. – 2019. – Vol. 8, Num 18 (Enero/febrero).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

«Утверждаю»

Проректор по научной работе

ФГБОУ ВО РГАТУ

Г.К. Рембалович

«15» сентября 2023 г.

**АКТ****ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ
КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ**

Производственные исследования дождевальной машины кругового действия (на базе ДМ «Кубань-ЛК1») производились на обрабатываемом объекте в АО «Озеры» городского округа Коломна, Московской области при возделывании моркови. Как показывают результаты исследований, оснащение дождевальных аппаратов машины усовершенствованными устройствами для регулирования расхода воды и распыла струи, подтвержденное данными лабораторных и лабораторно-полевых исследований, обеспечивает, за счет снижения стоков, повышение несущей способности почвы, в концевой части машины, при работе на склоновых площадях, с 45 до 80 кПа.

За время проведения исследований, нарушений технологического процесса работы дождевальной машины кругового действия «Кубань-ЛК1», при обработке моркови на склоновых площадях, дождевальные аппараты которой, оборудованы устройствами для регулирования подачи воды и распыла струи, не наблюдалось.

Таблица 1

**Показатели эксплуатационно-технологической оценки
многофункциональной машины кругового действия**

№ п.п.	Наименование показателей	Значение (до усовершенствования / после усовершенствования)
1.	Хозяйство	АО «Озеры»
2.	Марка дождевальная машины	МДЕК-474-63-01
3.	Условия и режим работы:	
	тип почвы	суглинок
	уклон поля:	
	• общий	0.05
	• местный	0.03
	температура окружающего воздуха, °С	28.4
	скорость ветра, м/с	2
	наименование культуры	морковь
	поливная норма, м ³ /га	500
величина стока, м ³ /га	150 / 0	
несущая способность почвы, кПа	45 / 80	
4.	Коэффициент сопротивления качению	0.31 / 0.21
5.	Коэффициент сцепления	0.21 / 0.47
6.	Показатель проходимости, %	0 / 28
7.	Масса ДМ, Н	320000
8.	Время основной работы, ч	190 / 150
9.	Производительность за час основного времени ($m = 500 \text{ м}^3/\text{га}$), га/час	0.37 / 0.45
10.	Эксплуатационно-технологические коэффициенты:	
	технологического обслуживания	0.88 / 0.98
	надежности технологического процесса	0.84 / 0.99
	использования сменного времени	0.73 / 0.89
11.	Коэффициент готовности	0.99

Это обеспечило, наряду с высокими значениями показателей технологического обслуживания и надежности технологического процесса, величину коэффициентов использования сменного времени в пределах, установленных требованиями (не менее 0.89), против 0.70 – 0.72 при аварийных остановках. При этом, производительность за час основного времени ($m = 500 \text{ м}^3/\text{га}$) увеличилась с 0.37 до 0.45 га/час или, в среднем, на 16%, обеспечивающая внесение рабочего раствора в установленные агротехнические сроки и, как следствие, повышение урожайности моркови на 18 – 20%.

**От ФГБОУ ВО
«РГАТУ им. П. А. Костычева»**

Научный руководитель:

Рязанцев А.И. 

«10» сентября 2023 г.

Ответственный исполнитель:

Евсеев Е.Ю. 

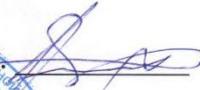
«10» сентября 2023 г.

Антипов А.О. 

«10» сентября 2023 г.

От АО «Озёры»

Главный гидротехник

Кохан В.Д. 

«10» сентября 2023 г.





«Утверждаю»

Генеральный директор

ООО «РегионСтройЗаказ»

Сордан Андрия

27» *Апрель* 2023 г.

АКТ

лабораторных испытаний модернизированного регулятора расхода
«Valtec VT.085»

В период с 15 марта по 10 апреля 2020 года в ООО «РегионСтройЗаказ» (г. Москва, г.о. Воскресенск) проведены лабораторные испытания модернизированного регулирующего устройства (регулятора расхода «Valtec VT.085»), усовершенствованного аспирантом кафедры Технологии металлов и ремонта машин ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО «РГАТУ» им. П.А. Костычева) Евсеевым Евгением Юрьевичем.

Испытания проводились при участии представителей ФГБОУ ВО «РГАТУ» им. П.А. Костычева.

Испытания показали следующее:

1. Усовершенствование регулятора расхода марки Valtec VT.085, обуславливаемого снижением, требуемого для разбрызгивателей, расхода рабочего раствора (давления) до себя с 2.3 – 2.5 л/с ($p = 0.40 - 0.45$ МПа), до 1.6 – 1.7 л/с ($p = 0.29 - 0.31$ МПа) после себя, обеспечивается за счет увеличения диаметра проходного сечения с 10 до 12 мм, а также сохранения габаритных и весовых характеристик. При этом, точность поддержания требуемых значений расхода и давления составляет 95 – 97%.



РЕГИОНСТРОЙЗАКАЗ

+7 (495) 646-84-41, +7 (495) 646-81-23

INFO@REGIONSZ.RU WWW.REGIONSZ.RU

2. При изменении давления перед регулирующим устройством в указанных пределах дестабилизации расходно-напорных характеристик не наблюдалось, то есть отклонение давления за регулятором не превышало отклонения регулировочных характеристик перед регулятором.

3. Регулятор расхода обеспечивает указанную точность поддерживаемой характеристики при циклическом изменении давления перед ним (повышения до максимального значения и последующего снижения до минимального) на протяжении не менее 60000 циклов.

От ФГБОУ ВО

«РГАТУ им. П. А. Костычева»

Научный руководитель:

Рязанцев А.И.

«24» август 2023 г.

От ООО «РегионСтройЗаказ»

Технический директор

Боронин А.А.
РегионСтройЗаказ«24» август 2023 г.

Ответственный исполнитель:

Евсеев Е.Ю.

«24» август 2023 г.

Антипов А.О.

«24» август 2023 г.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 217605
**СТЕРЖНЕВОЙ РАССЕКАТЕЛЬ СТРУИ
ДОЖДЕВАЛЬНОГО АППАРАТА**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ) (RU)*

Авторы: *Рязанцев Анатолий Иванович (RU), Рембалович Георгий Константинович (RU), Евсеев Евгений Юрьевич (RU), Антипов Алексей Олегович (RU), Безносюк Роман Владимирович (RU)*

Заявка № 2022131487

Приоритет полезной модели 01 декабря 2022 г.

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 07 апреля 2023 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 01 декабря 2032 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов

