

На правах рукописи

Акпасов Антон Павлович

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОЖДЕОБРАЗОВАНИЯ С
ОБОСНОВАНИЕМ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ДЕФЛЕКТОРНЫХ НАСАДОК КРУГОВОГО ДЕЙСТВИЯ**

06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана
земель

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Саратов – 2018

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова».

Научный руководитель: **Русинов Алексей Владимирович**
кандидат технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Снипич Юрий Федорович,**
доктор технических наук, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», ведущий научный сотрудник отдела «Прогнозирования развития мелиоративной отрасли» (г. Новочеркасск).

Малько Игорь Валерьевич,
кандидат технических наук, доцент, ФГОУ ВО «Государственный социально - гуманитарный университет», кафедра машиноведения, заведующий (г. Москва).

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (г. Волгоград)

Защита состоится «__» _____ 2018 г. в ___ часов на заседании диссертационного совета Д 220.061.06 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова» по адресу: 410056, г. Саратов, ул. Советская, д. 60, ауд. 325 им. А.В. Дружкина.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» и на сайте www.sgau.ru.

Отзывы на автореферат просим высылать по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл., 1, E-mail: dissovet01@sgau.ru.

Автореферат разослан «__» _____ 2018 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Дмитрий Анатольевич Маштаков

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Реформирование в агропромышленном комплексе страны привело к сокращению орошаемых площадей, ухудшилось состояние и плодородие почв, что привело к снижению урожая сельскохозяйственных культур. Однако стабильно получать урожай возможно только за счет применения полива.

В связи с этим, была принята ФЦП №922 «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014 – 2020 годы», которая дала толчок к восстановлению орошаемых земель в Саратовском Заволжье. За последние три года была проведена реконструкция орошаемых земель на площади 27,9 тыс. га, сельхозтоваропроизводителями приобретено 135 новых дождевальных машин и установок, восстановлено более 200 единиц дождевальных машин Фрегат, которых в области насчитывается более 1700 единиц.

Несмотря на значительные преимущества ДМ «Фрегат» перед другими дождевальными машинами, она не в полной мере соответствует современным агротехническим требованиям сельскохозяйственного производства. Среднеструйные дождевальные аппараты, которыми изначально комплектуется машина, имеют плохую равномерность полива и формируют дождь с крупными каплями, которые негативно воздействуют на растения и почву. С целью устранения данных недостатков, дождевальные машины стали комплектоваться дефлекторными насадками секторного и кругового действия. В насадках основными элементами оказывающими влияние на качество дождя, являются сопло и дефлектор (рассекатель), которые влияют на характер схода потока жидкости с рассекателя насадки, крупность капель, их траекторию и скорость движения, равномерность распределения интенсивности дождя.

В связи с этим, совершенствование конструкции дефлекторных насадок для улучшения агротехнических показателей полива на ДМ «Фрегат» является своевременной и научно-производственной задачей.

Степень разработанности темы. Представленные в диссертации исследования конструктивных параметров влияющих на качество дождя являются продолжением разработок Абрамова А.М., Гаджиева Г.М., Москвичева Ю.А. и Рыжко Н.Ф., где было установлено, что качество дождя ощутимо влияет на деструкцию поверхностного слоя почвы, развитие и рост растения и, как следствие, урожай сельскохозяйственных культур. Несмотря на достигнутые результаты, вопросы по совершенствованию конструкции дождеобразующих устройств остаются. Процесс дождеобразования рассматривался как средство достижения цели – нарушения целостности потока без учета динамики течения жидкости и процесса каплеобразования на прерывистой поверхности. Исследования в данном направлении позволили разработать усовершенствованную конструкцию дефлекторной насадки кругового действия с рациональными конструктивными параметрами, на которую получен патент на изобретение.

Цель исследования – повышение качества дождя за счет совершенствования процесса дождеобразования дефлекторными насадками кругового действия.

Задачи исследования.

1. Оценить состояние и технические средства дождеобразования, определить направление развития конструкций дефлекторных насадок кругового действия на ДМ «Фрегат».

2. Провести исследования влияния конструктивных особенностей дефлекторных насадок на качество дождя.

3. Обосновать рациональные конструктивные параметры дефлекторной насадки с кольцевой канавкой на конусе рассекателя, повышающие равномерность полива и снижающие крупность капель.

4. Провести экспериментальные исследования по оценке влияния кольцевой канавки на конусе рассекателя дефлекторной насадки на равномерность полива и крупность капель дождя.

5. Определить эффективность использования экспериментальной насадки на ДМ «Фрегат» на посевах капусты белокочанной.

Научная новизна работы заключается:

✓ в усовершенствовании конструкции дождевальной дефлекторной насадки с конусом рассекателя, имеющего кольцевую канавку и обеспечивающий повышение качества полива;

✓ в уточнении закономерностей движения жидкости и каплеобразования на поверхности конуса рассекателя дефлекторной насадки, имеющей кольцевую канавку;

✓ в теоретическом определении и экспериментальном подтверждении закономерности влияния кольцевой канавки на поверхности конуса рассекателя на крупность капель дождя и его равномерность по площади орошения.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в научном обосновании закономерностей влияния конструктивных параметров дефлекторной насадки с кольцевой канавкой на рассекателе на образование оптимальной крупности капель и равномерного распределения интенсивности дождя по всей площади орошения.

Разработана и обоснована усовершенствованная конструкция дефлекторной насадки с концентрической канавкой на конусе рассекателя, обеспечивающей качественное дробление струи на капли и равномерный полив по всей площади орошения ДМ «Фрегат».

На основании теоретических исследований были получены аналитические зависимости, описывающие движение потока воды на рассекателе дефлекторной насадки, и влияние конструктивных параметров насадки на равномерность полива.

Практическая значимость работы заключается в разработке конструкции дефлекторной насадки, обеспечивающей создание дождя с

оптимальной крупностью капель и высокой равномерностью полива, что подтверждается результатами внедрения дефлекторных насадок кругового действия с кольцевой канавкой на ДМ «Фрегат» и новых опытных образцах дождевальными машинами «Волга – СМ» и «Волга – ФК», что обеспечивает: увеличение равномерности полива на 20 – 35%, увеличение урожая сельскохозяйственных культур до 8 %.

Методология и методы исследований. В основу работы положены теоретические методы исследования – описание известных законов классической механики, их технологический процесс, математическое моделирование. Лабораторные и полевые исследования проводились на основе СТО АИСТ 11.1 -2010 «Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей» и РД 70.11.1–89 «Машины и установки дождевальные. Программа и методика испытаний включали в себя изучение энергетических и агротехнических свойств полива ДМ «Фрегат».

Научные положения, выносимые на защиту:

- особенности движения жидкости по конусной поверхности рассекателя, имеющего кольцевую канавку и каплеобразование дефлекторной насадки кругового действия;
- конструктивно-технологические параметры дефлекторной насадки кругового действия;
- влияние положения, формы и размера кольцевой канавки на конусе рассекателя дефлекторной насадки на равномерность полива и диаметр капель дождя.

Степень достоверности и апробация работы. Основные положения диссертационной работы были рассмотрены на научно-практических конференциях профессорско-преподавательского и аспирантского состава ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова» (Саратов, 2014 – 2016); на VIII-й Международной (XII-й Всероссийской) научной конференции молодых учёных и специалистов «Инновационные технологии и экологическая безопасность в мелиорации» (Москва, 2015); научной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов СГАУ (Саратов, 2016); Международной научно-технической конференции (Тюмень, 2017); Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию образованию Волжского НИИ гидротехники и мелиорации «Проблемы и перспективы развития мелиорации в современных условиях» (Энгельс, 2017).

Публикации. По данным работы опубликовано 12 работ, в т.ч. 3 работы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ; 1 патент на изобретение. Общий объем публикаций составляет 3,25 печ. л, в т.ч. лично автору принадлежит 1,55 печ. л.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения и рекомендаций. Изложена на 153 страницах,

включает 16 таблиц, 40 рисунков и 3 приложения. Список использованной литературы состоит из 100 наименований, в том числе 8 иностранных.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во *«Введении»* обоснована актуальность работы, ее значимость, представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе *«Состояние вопроса, цель и задачи исследования»* проведен анализ проблем, возникающих при поливе широкозахватной дождевальнoй техникой со среднеструйными и короткоструйными дождеобразующими устройствами. Исследовано влияние параметров дождеобразующих устройств на качество дождя, проведен анализ конструкций и эффективность работы дефлекторных насадок применяемых на дождевальных машинах. Представлены мероприятия направленные на повышение качества дождя создаваемого дефлекторными насадками, выявлены их преимущества, определены основные факторы, влияющие на повышение качества полива, обеспечивающего равномерное распределение капель дождя с оптимальной крупностью, ветроустойчивостью и минимальным негативным влиянием на почву и растения. Наибольший вклад в научные исследования, посвященные разработке и обоснованию конструкций дождеобразующих устройств дождевальных машин, внесли ученые: В.Г. Абезин, Н.П. Бредихин, Г.М. Гаджиев, В.П. Зволинский, А.П. Исаев, П.И. Кузнецов, Б.М. Лебедев, В.Ф. Носенко, Н.Ф. Рыжко, Б.П. Фокин, Н.Е. Чубиков, а также труды зарубежных ученых как О. Aleksandresen, S. Okamura, Т. Эйлер и др.

Проанализировав мероприятия по улучшению агротехнических показателей полива, можно сделать вывод, что известные конструкции дождевальных насадок дефлекторного типа не соответствуют оптимальным требованиям при поливе сельскохозяйственных культур. Большое количество воды при распыле дефлекторной насадкой подвержено сносу и испарению, а интенсивность по всей площади орошения не равномерна, отсюда вытекает необходимость совершенствования конструктивных параметров дефлекторных насадок как динамического, так и статического действия.

Во второй главе *«Теоретические исследования формирования дождевого облака дефлекторными насадками»*, исходя из конструктивных особенностей дефлекторной насадки оказывающей влияние на равномерность полива и образование капель, нами был введен обобщенный показатель качества дождевальной насадки (K_K), который в общем виде можно записать как:

$$K_K = f(d_K, \mu, w, \varphi_c, R, C_u, \rho_c) \rightarrow opt, \quad (1)$$

где d_K – диаметр капель, мм; μ – коэффициент расхода насадки; w – скорость течения струи в сжатом сечении, м/с; φ_c – коэффициент сжатия струи; R – радиус полива насадки, м; C_u – коэффициент равномерности полива; ρ_c – средняя интенсивность полива, мм/мин.

Ранжируя показатели качества по степени влияния на почву и растения, установлено, что качество дождя в основном определяется диаметром капель и равномерностью распределения интенсивности дождя по площади полива, тогда:

$$K_k = f(d_k, \rho_c) \rightarrow opt. \quad (2)$$

Переходя к конструктивным параметрам насадки, их влияние на параметры дождя была доказана связь между диаметром отверстия сопла насадки и диаметром образуемых капель при поливе:

$$K_k = f(T_{к.о.}, T_{р.и.}) \rightarrow opt, \quad (3)$$

где $T_{к.о.}$ – процесс каплеобразования; $T_{р.и.}$ – процесс распределения интенсивности по всей площади орошения.

В настоящий момент сельскохозяйственные производители признали преимущества и выгоду применения дефлекторных насадок, однако с целью повышения эффективности полива с наилучшими показателями качества дождя и минимальным воздействием на почву предлагается новая конструкция дефлекторной насадки кругового действия с кольцевой канавкой по окружности рассекателя, которая находится от оси рассекателя на определенном расстоянии (рисунок 1) (Патент РФ № 2616842).

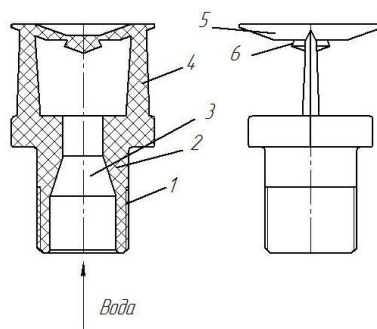


Рисунок 1 - Дождевальная дефлекторная насадка

Основными конструктивными элементами дефлекторных насадок, влияющими на качество дождя, являются сопло и рассекатель. Основным параметром, характеризующим эффективность полива насадки, является коэффициент расхода насадки μ . Величина которого зависит от формы сопла и находится в пределах $\mu = 0,83$ до $0,9$ при изменении угла конусности сопла в пределах от 30 до 60° с учетом диаметра выходного отверстия. Конструктивные параметры сопла влияют на радиус полива и поведение потока жидкости при попадании на рассекатель дождевальной насадки кругового действия и не оказывают влияние на формирование оптимального диаметра капель, распределение интенсивности и устойчивости дождя к ветру и испарению. На перечисленные параметры влияют геометрические параметры конуса рассекателя.

На рисунке 2 рассматривается установившееся обтекание осредненным турбулентным потоком жидкости конического рассекателя с углом при вершине 2β .

Считая движение плавно изменяющимся, а давление избыточным, составим уравнение Бернулли для сечений 0–0, 1–1 относительно плоскости сравнения 0–0:

$$\alpha_0 \frac{V_0^2}{2g} - \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = z_0 + h_f, \quad (4)$$

где h_f – суммарные потери напора, определяемые работой сил трения на поверхности рассекателя и на поверхности раздела жидкость – воздух, м; V_0, V_1 – средние скорости движения жидкости соответственно в сечениях 0–0 площадью $\omega_0 = \pi r_0^2$ и 1–1 площадью $\omega_1 = \pi \delta (2r + \delta \cos \beta)$, м/с; δ – толщина пленки в сечении 1–1, м; α_0, α_1 – коэффициенты Кориолиса.

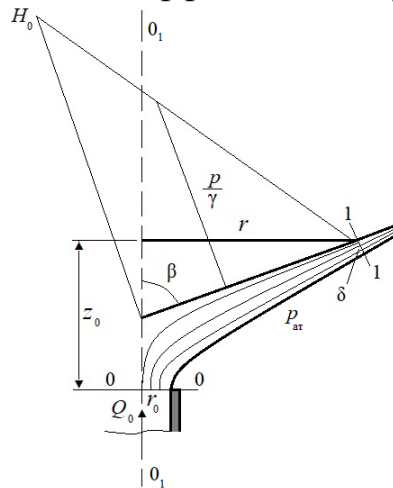


Рисунок 2 - Обтекание осредненным турбулентным потоком жидкости конического рассекателя

Представив суммарные потери напора по формуле Вейсбаха $h_f = \zeta \frac{V_1^2}{2g}$, положив для турбулентного потока $\alpha_0 = \alpha_1 = 1$, и исключив из уравнения (4) средние скорости через расход Q_0 и площади живых сечений, запишем его в виде

$$Q_0 = m_0 \omega_0 \sqrt{2gz_0}, \quad (5)$$

где $m_0 = \left[1 - (1 + \zeta) \left(\frac{\omega_0}{\omega_1} \right)^2 \right]^{-0.5}$ – коэффициент расхода системы, (6)

отнесенный к сечению 1–1;

ζ – полный гидравлический коэффициент сопротивления, учитывающий потери напора на поверхности рассекателя и на поверхности раздела жидкость – воздух.

С другой стороны, из (5) следует:

$$m_0 = \frac{Q_0}{\omega_0 \sqrt{2gz_0}} = \frac{V_0}{\sqrt{2gz_0}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{V_0}{\sqrt{gz_0}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{V_0^2}{gz_0}} = \sqrt{\frac{Fr_0}{2}}, \quad (7)$$

где Fr_0 – число Фруда набегающего потока.

Приравнявая (6) и (7), находим уравнение для определения толщины пленки:

$$\delta^2 + \frac{2r}{\cos \beta} \delta - k_0 \frac{r_0^2}{\cos \beta} = 0, \quad (8)$$

где $k_0 = \sqrt{\frac{1+\zeta}{1-\frac{\zeta}{Fr_0}}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий работу сил

трения и кинетичность набегающего потока.

На величину поправочного коэффициента оказывает влияние число Фруда и полный гидравлический коэффициент сопротивления (рисунок 3 и 4).

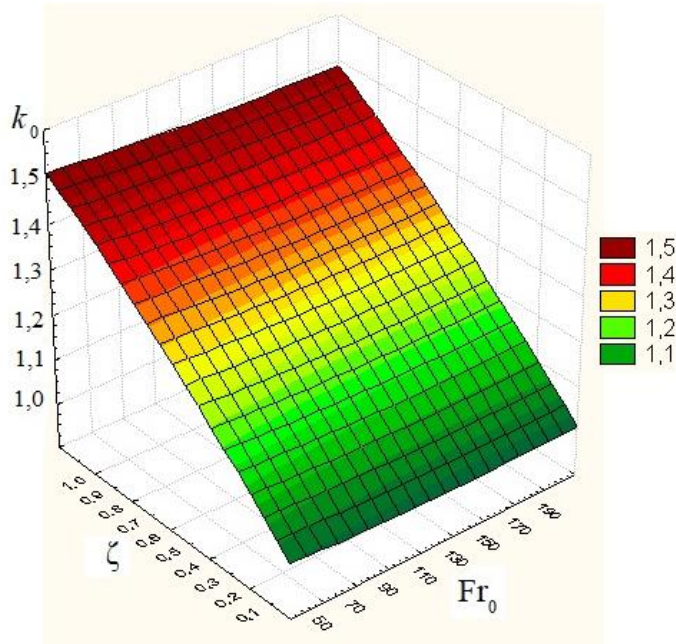


Рисунок 3 - Зависимость коэффициента k_0 от ζ и Fr_0 .

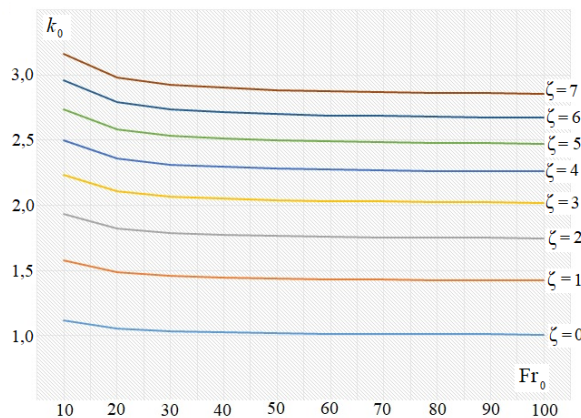


Рисунок 4 - Зависимость k_0 от кинетичности потока при различных значениях коэффициента сопротивления ζ

Решение квадратного уравнения (8) имеет вид

$$\delta = -\frac{r}{\cos \beta} + \sqrt{\frac{r^2}{\cos^2 \beta} + k_0 \frac{r_0^2}{\cos \beta}}. \quad (9)$$

Из (9) заключаем, что толщина пленки увеличивается при возрастании коэффициента сопротивления ζ и уменьшается при увеличении кинетичности набегающего потока.

При $k_0 = 1$ из формулы (9) точно получается формула Исаева А. П. Другими словами, формула Исаева – это предельный случай обобщенной формулы (9) при $\zeta \rightarrow 0, Fr_0 \rightarrow \infty$.

При $\beta = 90^\circ$ из (9) следует: $\delta = 0,5k_0 \frac{r_0^2}{r}$, что также является обобщением формулы А. П. Исаева.

Как показывают эксперименты, числа Фруда в набегающем потоке имеют порядок десятков и даже сотен, поэтому для поправочного коэффициента k_0 можно получить приближенную зависимость, используя разложение в асимптотический ряд функции

$$\left(1 - \frac{2}{Fr_0}\right)^{-1/2} \cong 1 + \frac{1}{Fr_0} - \dots$$

Тогда $k_0 \cong \sqrt{1 + \zeta} \left(1 + \frac{1}{Fr_0} - \dots\right)$.

Если же считать $\zeta \ll 1$, то последнюю формулу можно еще упростить:

$$k_0 \cong \left(1 + \frac{1}{2}\zeta + \dots\right) \left(1 + \frac{1}{Fr_0} - \dots\right) \approx 1 + \frac{1}{2}\zeta + \frac{1}{Fr_0}$$

Преобразуем формулу (6) к безразмерному виду

$$\frac{\delta}{r} \cos \beta = \sqrt{1 + k_0 \left(\frac{r_0}{r} \sqrt{\cos \beta}\right)^2} - 1. \tag{10}$$

Универсальный график зависимости (10) при различных значениях параметра k_0 представлен на рисунке 5.

Из рисунков 3 и 4 следует, что коэффициент k_0 слабо зависит от параметра кинетичности потока, а при числах Фруда $Fr_0 > 60$ практически не зависит совсем (область автомодельности по числу Фруда).

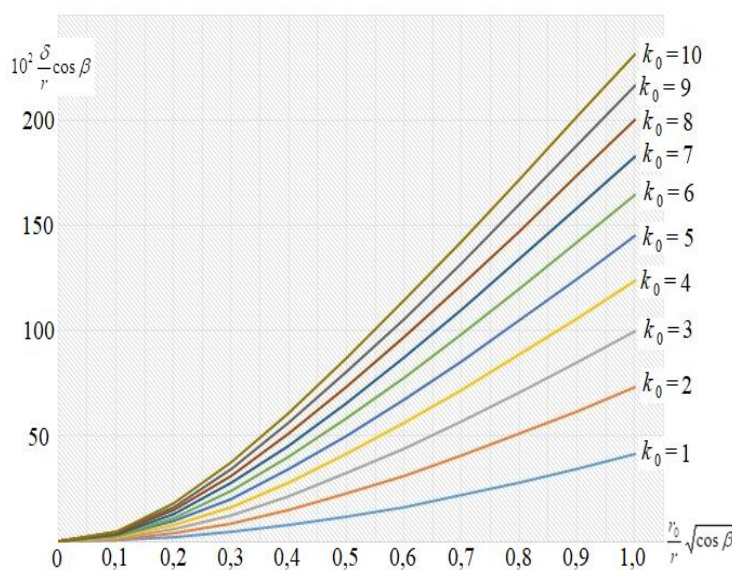


Рисунок 5 - Универсальный график зависимости $\frac{\delta}{r} \cos \beta$ при различных значениях параметра k_0

Как известно, сила динамического воздействия струи P на рассекатель находится в виде

$$P = \rho V_0 \omega_0 (V_0 - V_1 \cos \beta), \quad (11)$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м³.

Выразим среднюю скорость V_1 из уравнения (4):

$$V_1 = \frac{V_0}{\sqrt{1+\zeta}} \sqrt{1 - \frac{2}{Fr_0}} = \frac{V_0}{k_0}.$$

Подставив V_1 в выражение (11), получим:

$$P = \rho V_0^2 \omega_0 \left(1 - \frac{\cos \beta}{k_0} \right),$$

что является обобщением известной формулы для силы динамического воздействия струи на коническую поверхность.

Обозначим через r_* наибольшее значение радиуса рассекателя, при котором возможно безотрывное обтекание насадки, тогда из уравнения (8) следует:

$$r_* = k_0 \frac{r_0^2}{2\delta_*} - \frac{\delta_*}{2} \cos \beta. \quad (12)$$

Отсюда заключаем, что r_* должно зависеть от полного гидравлического коэффициента сопротивления ζ и числа Фруда Fr_0 , радиуса сопла r_0 и угла конусности β .

Нами было определено, что при диаметре выходного отверстия сопла 10 мм, расстояние от оси рассекателя до точки С составляет 14,4 мм. Это свидетельствует об окончании воздействия потока воды на рассекатель и начинается отрыв капель.

Выполнение канавки треугольного сечения по окружности рассекателя насадки обеспечит оптимальную крупность капель и равномерность полива по всей площади орошения. Выявлено что на процесс дождеобразования влияет число Вебера (We), значение We которого определили из выражения:

$$We = \frac{\rho v_0^2 \delta}{\sigma}, \quad (13)$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения воды.

Многие ученые давали значения критического числа Вебера ($We=7,5 \div 15$), при котором поток начинает распадаться на капли. Расчеты показали, что до канавки на рассекателе число Вебера составляет $We=18$, а увеличение толщины пленки после прохождения канавки приводит к увеличению данного числа и увеличению силы тяжести пленки. Увеличение чисел We и Re свидетельствует о существенном влиянии канавки на целостность потока и его разрушении на участке 3 (рисунок б) создавая мелкодисперсный дождь, что позволяет повысить равномерность полива.

Геометрические параметры канавки и ее месторасположение оказывают влияние на формирование газожидкостного факела при сходе с поверхности конуса на грани канавки, в связи с этим был разделен поток воды находящемся наконусе рассекателя на 4 условных участка.

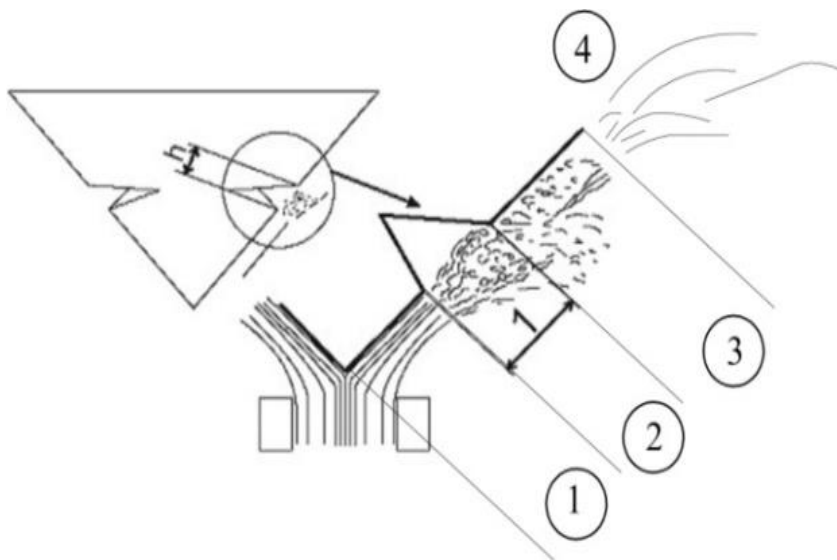


Рисунок 6 -
Формирование
газожидкостного
факела на сходе с
границы канавки

На 1 участке поток воды, вышедший из сопла, попадая на вершину конуса рассекающего, имеет сплошной характер и образует пленку определенной толщины. В конце 1 участка поток достигает канавки, и происходит столкновение части потока со стенкой канавки и усиленное сопротивление на 2 участке, которые способствуют раннему отрыву капель и падению их на небольшое расстояние от насадки. Длина 2 участка обуславливается шириной канавки.

В начале 3 участка поток воды продолжает движение, а турбулентность, возникшая на 2 участке, способствует интенсивному отрыву капель и движению их по своей траектории. На 3 участке водяная пленка полностью сходится с рассекающего, где начинается 4 участок разрушения водяной пленки, описанный выше.

Радиус полива дефлекторной насадки находится по выражению:

$$R = K_d \frac{v_0^2 \cdot \cos^2 \frac{\beta}{2}}{g}, \quad (14)$$

Таким образом, используя свойства жидкости и принципы формирования факела жидкости, сходящей пленкой с рассекающего и выполняя кольцевую канавку треугольного сечения на рассекающем насадки, можно сформировать дождевое облако с оптимальным средним диаметром капель и равномерным поливом, что очень важно при орошении сельскохозяйственных культур дождевальными машинами.

В третьей главе «Программа и методика исследований» представлены программа и методика проведения лабораторно-полевых исследований.

Лабораторно-полевые исследования проводились в специализированных лабораториях ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» и ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ и на полях ОПХ «ВолжНИИГиМ» в соответствии с методикой СТО АИСТ 11.1–2010 «Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей». В ходе исследований дефлекторной насадки определяли: крупность капель дождя; равномерность полива; расход насадки; потери

воды на испарение и снос ветром; урожайность сельскохозяйственных культур. Опыты проводились с трехкратной повторностью.

Достоверность экспериментальных данных оценивали методами математической статистики с привлечением современных программных средств. Расчеты и построение графиков осуществляли с помощью приложения Microsoft Office Excel и Statistica.

В четвертой главе «Результаты исследований и их анализ» приведены результаты лабораторных и полевых испытаний дефлекторных насадок с кольцевой канавкой установленных на ДМ «Фрегат».

Для определения агротехнической характеристики полива дефлекторной насадки с кольцевой канавкой было определено влияние конструктивных параметров элементов конструкции насадки на качество создаваемого дождевого облака.

Установлено, что повышение напора перед дефлекторной насадкой при ширине канавки меньше 3 мм способствует снижению диаметра капель, которые в большей степени подвержены сносу и испарению. При больших показателях напора и ширине кольцевой канавки крупность капель возрастает более 1 мм, оптимальную крупность капли $d_k = 0,6 - 0,8$ мм обретают при давлении воды 0,1 – 0,15 МПа и диаметре сопла насадки 8 мм ширина канавки должна быть в диапазоне 3,8 – 4,3 мм (рисунок 7).

$$d_k, \text{ мм} = 2,6583 - 6,25 * x - 0,8896 * y - 1,853E-12 * x * x + 1,5625 * x * y + 0,1 * y * y$$

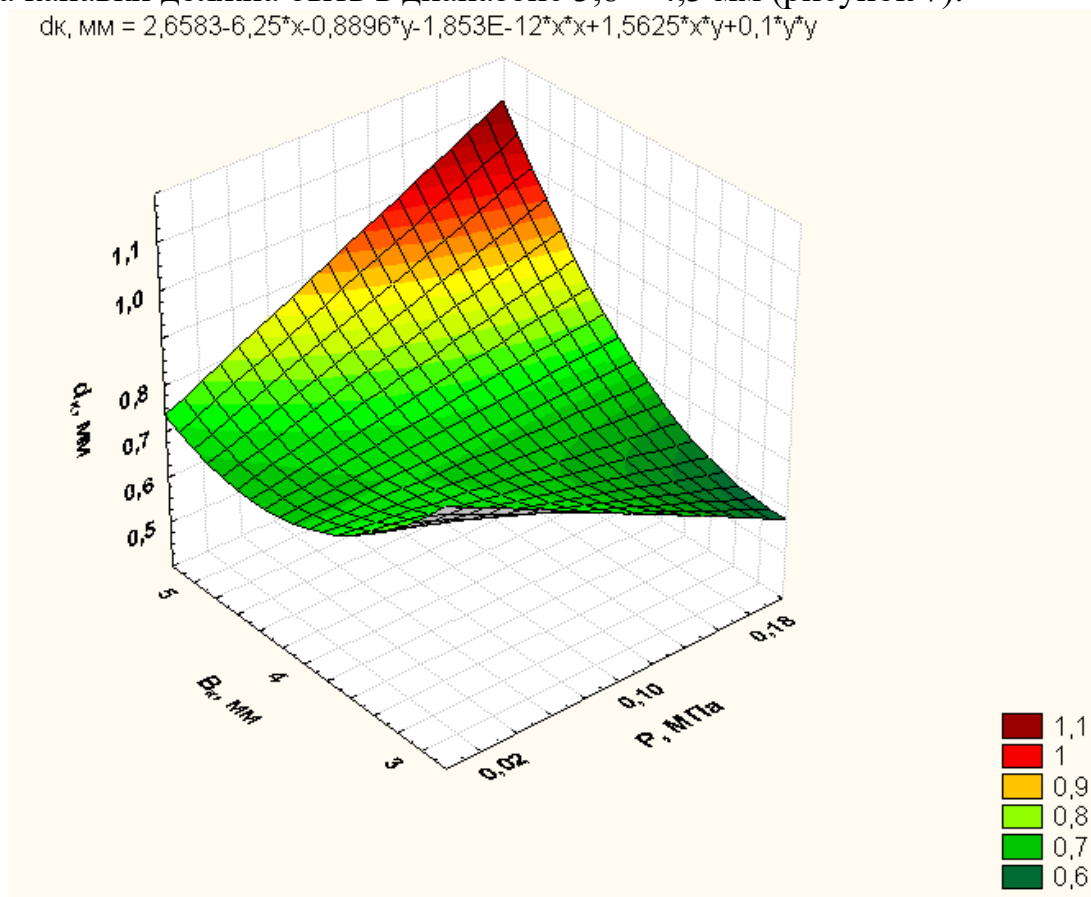


Рисунок 7 - Влияние параметров P , МПа, и B_k , мм, на величину среднего диаметра капель d_k , мм

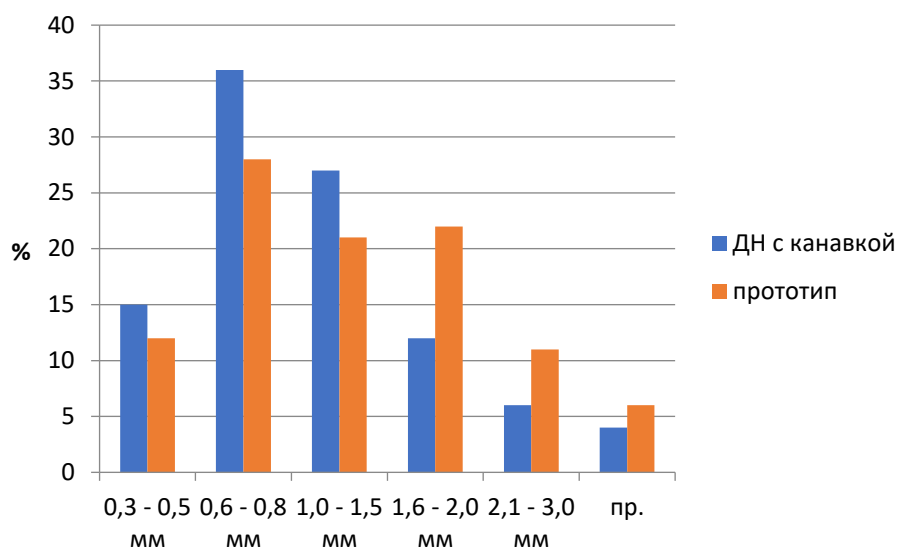


Рисунок 8 -
 Диаграммы
 распределения
 капель
 различного
 диаметра при
 поливе

Сила воздействия капель дождя диаметром более 2 мм в 4-5 раз больше капель диаметром 1 мм, при этом, помимо обильного стока, образуется поверхностная почвенная корка глубиной 4 – 6 мм, которая снижает водопроницаемость на 25 %.

При поливе дефлекторной насадкой с канавкой процентное отношение капель диаметром 0,6 – 0,8 мм на 5 % и диаметром 1,0 – 1,5 мм на 8 % больше, чем при поливе дефлекторной насадкой кругового действия разработки ВолжНИИГиМ (прототип), рисунок 8. Капли данного диаметра оказывают меньшее негативное влияние на рассаду, сток и смыв почвы. Число капель диаметром 0,3 – 0,5 мм больше у дефлекторной насадки с канавкой, что свидетельствует о большем количестве воды, отрывающейся от общего потока и орошаемой вблизи от насадки. Также у дефлекторной насадки с канавкой на 5 % меньше капель диаметром более 2 мм, чем у прототипа.

При поливе ДМ «Фрегат» с дефлекторными насадками коэффициент равномерности полива достигает значений 55...70 %, что недостаточно, и приводит к необходимости применить расстановку насадок по учащенной схеме по линии оросительного трубопровода. Наибольшее значение коэффициента равномерности полива будет достигаться при давлении воды перед экспериментальной насадкой 0,1 – 0,15 МПа и выходном диаметре сопла насадки 8 мм, при следующих геометрических параметрах канавка: ширина 4 мм и центр канавки расположен на расстоянии 12,4 мм от оси рассекателя (рисунок 9). Изменение расстояния центра канавки от оси рассекателя приводит к снижению коэффициента равномерности полива.

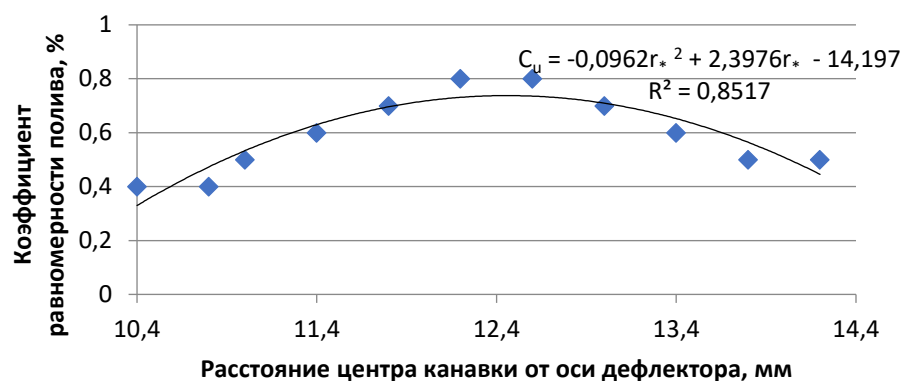


Рисунок 9 - Зависимость коэффициента равномерности от расположения канавки от оси рассекателя шириной 4 мм.

Увеличение ширины канавки экспериментальной насадки приводит к более равномерному распределению интенсивности дождя по радиусу по сравнению с серийной насадкой (рисунок 10). На расстоянии 0,5 м от насадки ее значение достигает 0,15 мм/мин, дальнейшее увеличение расстояния от насадки до 4 м приводит к росту интенсивности до 0,26 мм/мин, и после достижения расстояния 7 м интенсивность дождя постепенно убывает. Как видно, интенсивность дождя, создаваемая экспериментальной насадкой, имеет плавное изменение до пиковой точки на расстоянии 7 м и имеет небольшое изменение на расстоянии от 8 до 12 м, что свидетельствует о лучшей равномерности распределения дождя по сравнению с прототипом и подтверждается высоким коэффициентом равномерности по Кристиансену $C_n = 74,6 \%$.

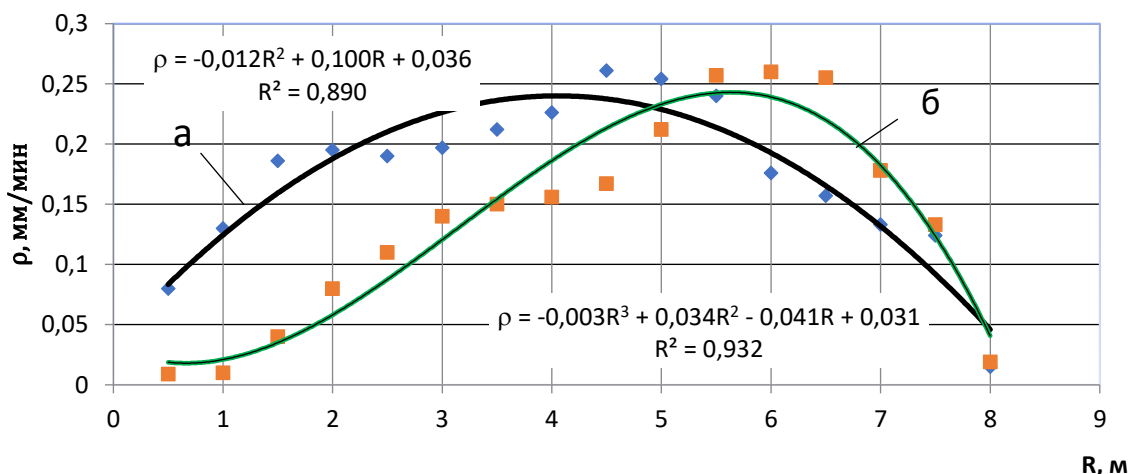


Рисунок 10 - График распределения интенсивности полива по радиусу захвата: а) дефлекторной насадки с канавкой шириной 4 мм с расположением начала канавки от оси насадки 12,4 мм; б) серийная дефлекторная насадка кругового действия

На величину коэффициента равномерности полива экспериментальной насадки оказывает ширина канавки (рисунок 11). Наибольшее значение коэффициента равномерности полива достигается при ширине канавки 3,8÷4,3 мм. Канавка шириной 4 мм обеспечили достаточную равномерность как

вблизи насадки ($\rho_d = 0,15$ мм/мин), так и на протяжении всего радиуса полива. Резкого увеличения и снижения показателя интенсивности не наблюдается, стабильно держится в пределах от 0,15 до 0,25 мм/мин до радиуса полива 4 м, что соответствует цели научной работы и не наблюдается у дефлекторных насадок кругового действия. Увеличение коэффициента равномерности распределения полива на 17% у экспериментальной насадки с шириной канавки 4 мм в сравнении с прототипом говорит о лучшей равномерности распределения интенсивности дождя по всей площади орошения при поливе.

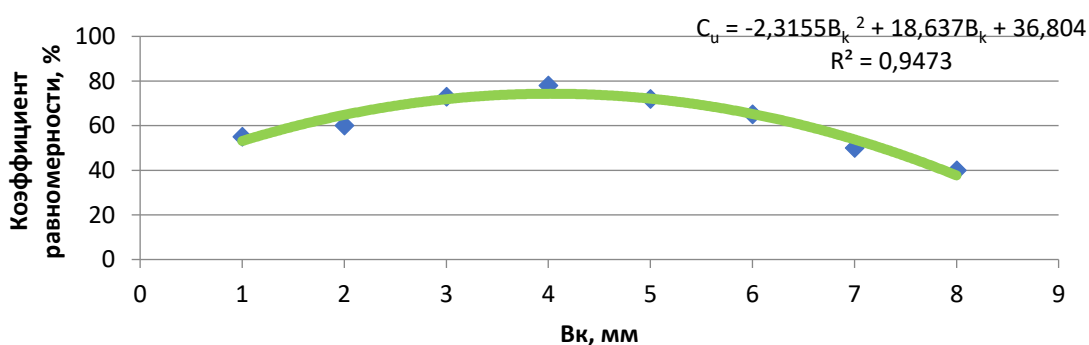


Рисунок 11 - Влияние ширины канавки на равномерность полива

Большая площадь полива экспериментальной насадкой имеет достаточную интенсивность полива. Наибольшие значения интенсивности полива достигали 0,276 мм/мин на участках, окрашенные в красный цвет, значение которой является оптимальным. Участки в непосредственной близости от насадки, окрашенные в зеленый цвет, поливались с интенсивностью 0,17 мм/мин, что свидетельствует об отрыве большого количества капель из общего потока при взаимодействии с кольцевой канавкой.

В пятой главе «Экономическая эффективность применения дефлекторных насадок на ДМ «Фрегат» представлена экономическая оценка применения на ДМ «Фрегат» дефлекторных насадок с кольцевой канавкой. В ходе проведенных полевых исследований было установлено, что за счет улучшения качества распыливания воды, снижения потерь воды на испарение и снос ветром, а также увеличения равномерности полива позволило повысить урожай капусты белокочанной до 8 %, и получить годовой экономический эффект в сумме Э=190604 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенный анализ и оценка эффективности применения дефлекторных насадок на ДМ «Фрегат» выявили недостаточную равномерность полива с большими потерями воды на испарение и снос ветром. С целью повышения качества дождя и равномерности полива, была разработана дефлекторная насадка кругового действия с кольцевой канавкой по окружности рассекателя.

2. Проведено уточнение математических зависимостей описывающих: движение жидкости по конусу рассекателя насадки имеющего кольцевую канавку; расположение оптимальной точки характеризующей начало процесса распада пленки воды на конусе рассекателя; расположение и геометрические параметры кольцевой канавки выполненной на конусе рассекателя.

3. В ходе теоретических и экспериментальных исследований были определены оптимальные параметры дефлекторной насадки, имеющей канавку на конусе дефлектора: диаметр рассекателя – 50 мм; угол конусности рассекателя 140°; ширина канавки выбрана $B_k=4$ мм, а расстояние ее центра от оси рассекателя $C=12,4$ мм; коэффициент расхода насадки $\mu=0,87\div 0,97$.

4. Экспериментальные исследования показали, что увеличение ширины канавки и напора ведет к резкому увеличению среднего диаметра капель в дождевом облаке. Оптимальная крупность капель $d_k=0,6-0,8$ мм и коэффициент равномерности полива равным 80 % достигаются при поливе дефлекторной насадкой кругового действия с диаметром выходного отверстия сопла $d=8$ мм при давлении воды $P=0,1-0,15$ МПа. Кольцевая канавка, выполненная на конусе рассекателя, должна быть треугольного сечения с шириной 4 мм и расположенной на расстоянии 12,4 мм от оси насадки.

5. Экономический эффект от внедрения на полях ОПХ «ВолжНИИГиМ» дождевальная машины Фрегат с установленными дефлекторными насадками кругового действия с кольцевой канавкой, выполненной на конусе рассекателя за счет улучшения качества распыливания воды, снижения потерь воды на испарения и снос ветром, а также увеличения равномерности полива позволило повысить урожай капусты до 8 %, и получить годовой экономический эффект в сумме $\mathcal{E}=190604$ руб.

РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Организациям, осуществляющим орошение сельскохозяйственных культур, рекомендуется с целью повышения качества полива применять на ДМ «Фрегат» дефлекторные насадки с кольцевой канавкой треугольного сечения, имеющей ширину $B_k=4$ мм и удаленной от центра конуса рассекателя на величину 12,4 мм. Это позволит создать дождь с оптимальным диаметром капель $d_k=0,6-0,8$ мм и повысить коэффициент равномерности полива до 80 %.

2. Полученные математические зависимости, описывающие характер движения воды по конусу рассекателя дефлекторной насадки с кольцевой канавкой, рекомендуется использовать в научно-исследовательских, учебных заведениях, а также в организациях, осуществляющих выпуск дождевальных машин.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Разработка усовершенствованных конструкций дефлекторных насадок со сменным соплом и сложной конфигурацией конуса рассекателя с обоснованием математических зависимостей движения жидкости и геометрических параметров насадки с целью их применения на дождевальными машинами отечественного и зарубежного производства.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

В изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ

1. *Слюсаренко В.В.* Снижение потерь воды при поливе дождеванием [Текст] / В. В. Слюсаренко, Г.П. Надежкина, А.П. Акпасов, З.З. Дасаева // Научное обозрение. – 2015. - №19. – С. 49 – 53.
2. *Надежкина Г.П.* Энергетические показатели дождя ДМ «Фрегат» [Текст] / Г.П. Надежкина, В.В. Слюсаренко, А.П. Акпасов // Известия Самарской ГСХА. – 2015. - № 3 – С. 20-22.
3. *Есин А.И.* Обтекание конического дефлектора потоком вязкой несжимаемой жидкости [Текст] / А. И. Есин, А. В. Русинов, А. П. Акпасов, Ю. В. Бондаренко, Л. А. Журавлева // Научная жизнь. – 2018. - № 4 – С. 14-19.

Патенты

4. *Патент на изобретение 2616842 Российская Федерация* Дождевальная дефлекторная насадка/ Русинов А.В., Слюсаренко В.В., Хизов А.В., Русинов Д.А., Акпасов А.П., Рыжко Н.Ф., Надежкина Г.П., Затицацкий С.В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ». - №2015148965; заявл. 16.11.2015; опубл. 18.04.2017.Бюл. №11.

В сборниках научных конференций и прочие издания

5. *Акпасов А.П.* Детализация распада струи на дефлекторе дождевальной насадки / А. П. Акпасов // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: материалы Международной научно-технической конференции. – Тюмень, 2017. – С. 22 – 26.
6. *Акпасов А.П.* Совершенствование конструкции дефлекторных насадок для увеличения равномерности полива / А. П. Акпасов // Проблемы и перспективы развития мелиорации в современных условиях: сб. науч. Тр. Посвящен 50-летию ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». – Энгельс, 2016. – С. 87 – 93.