

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе

ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ

доктор биологических наук,

профессор, академик РАН

Жошаев Андрей Георгиевич



У. Жошаев

«30» 10 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» на диссертационную работу Цыпленкова Дмитрия Степановича на тему: «Техническое и технологическое обоснование способов удаления воздуха струйными аппаратами из оросительных трубопроводов» представленную в диссертационный совет 35.2.030.07 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (технические науки).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, общих выводов, заключения, списка используемой литературы и приложений. Работа изложена на 119 страницах машинописного текста и включает в себя 44 рисунка, 14 таблиц, 6 приложений, список используемой литературы из 122 наименований, из них 7 работ зарубежных авторов.

Актуальность работы. Известно, что основным способом сброса воздуха из напорных трубопроводов мелиорации и водоснабжении при их подвижном заполнении, являются клапаны-вантузы, устанавливаемые в точках перегиба трубопроводного профиля. Тысячи километров напорных

трубопроводов в процессе эксплуатации, как при ремонтных и плановых работах, так и межсезонных остановках, опорожняются и заполняются водой. Вантузный способ дорогостоящий, сложен в эксплуатации, при котором из-за выделенной полосы отчуждения усложняется эксплуатация и уменьшается площадь пахотных земель. В связи с вышеизложенным, диссертационная работа Цыпленкова Д.С., направленная на разработку упрощённого экономически целесообразного способа удаления воздуха из напорных трубопроводов с помощью создания вакуума струйными аппаратами является несомненно актуальной.

Степень разработанности темы. Проблемой удаления и дальнейшей транспортировки воздуха и газов в различных механизмах занимались несколько институтов: ВНИИГидроМаш, ВНИИХимМаш, ВНИИКомпресорМаш, а также учёные: Б.Э. Фридман, Е.Я. Соколов, Н.М. Зингер, Ю.Л. Кирилловский, Л.Г. Подвидз, Х.Ш. Мустафин, Г.Е. Мускевич, В.Г. Цегельский, С.А. Тарасьянц и др., которые внесли существенный вклад в развитие мелиоративных систем с использованием струйных аппаратов, но в тоже время эта проблема недостаточно изучена и требует дальнейшей проработки, проведения исследований по части использования струйных аппаратов для создания отрицательной энергии в напорных трубопроводах при пуске насосных агрегатов.

Достоверность и новизна исследований, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Достоверность результатов подтверждена большим количеством натурных экспериментальных исследований по апробированным методикам. Обработка опытных данных выполнялась с использованием теории планирования эксперимента. Для исследований использовалось современное тарированное измерительное оборудование: расходомеры, вакуумметры и образцовые манометры. Полученные результаты исследований были доложены на различных научно-практических и международных конференциях. Исследования автора отмечены медалями Всероссийской агропромышленной выставки «Золотая осень» в 2019 и 2022 г и наградами других региональных выставок.

Новизна исследований. В качестве научной новизны автором приводится:

- теоретическое обоснование возможности заполнения напорных трубопроводов перед пуском насосных агрегатов;
- методика расчёта гидравлических и геометрических параметров струйной системы удаления воздуха из напорной трубопроводной сети;
- экспериментальные закономерности влияния параметров центробежного насосного оборудования на степень разряжения в напорном

трубопроводе;

- технологический процесс заполнения опорожнённых напорных трубопроводах при пуске насосных агрегатов.

Научная новизна подкреплена новыми техническими разработками для удаления воздуха из трубопроводов (патенты № 2733781, №193337).

Теоретическая значимость работы заключается в разработке методики удаления воздуха и создания вакуума в напорных трубопроводах перед пуском насосных агрегатов на опорожнённый трубопровод, в выводе зависимостей для расчёта гидравлических параметров струйного аппарата и напорной трубопроводной сети.

Практическая значимость основана на разработке технологического процесса заполнения опорожнённых напорных трубопроводов при пуске насосных агрегатов, возможности упрощения эксплуатации насосных станций мелиоративного профиля. На основе проверенных теоретических и натурных исследований определена возможность использования результатов проектными и эксплуатирующими организациями.

Степень завершённости диссертационной работы. Диссертационная работа **Цыпленкова Д.С.** представляет собой законченное научное исследование.

Во введении диссертант обосновывает актуальность исследуемой проблемы, формулирует цель и задачи исследования, обосновывает научную новизну и практическую значимость работы.

В первой главе анализируются существующие водовоздушные струйные аппараты, приведены конструкции и схемы удаления воздуха из трубопроводов, описаны методы создания вакуума во всасывающих трубопроводах насосных станций, рассмотрены литературные предложения по созданию высокого вакуума во всасывающих трубопроводах насосных установок. Приведены методы гидравлического расчёта водовоздушных установок при необходимости создания вакуума в трубопроводах, используемых в народном хозяйстве и даны рекомендации по определению оптимальных геометрических размеров и гидравлических параметров водовоздушных аппаратов.

В выводах по первой главе подробно описаны результаты проведённого анализа литературных источников, на основе которого сформулирована цель и задачи исследований работы.

Вторая глава посвящена теоретическому обоснованию возможности заполнения трубопроводов с использованием вакуума, созданным струйным аппаратом. В главе сказано, что методы расчёта водовоздушных струйных аппаратов, предложенные в литературе, представляют, в основном, эмпирические зависимости, позволяющие получить приближенные расчёты

возможности создания необходимой величины вакуума. В предложенное теоретическое обоснование входят рекомендации по определению полной энергии и величины отрицательного давления в корпусе струйного аппарата в зависимости от скоростного напора в сопле и камере смешения. Кроме того, предлагается методика расчёта геометрических размеров по рекомендациям проведённых экспериментальных исследований.

В разделе 2.3 приведено обоснование изменения величины коэффициентов гидравлических сопротивлений элементов аппарата сопла ζ_0 , камеры смешения ζ_c , диффузора ζ_d в связи с выходом в камеру смешения кольцевой струи, приведены величины и зависимости для их определения, рекомендации по определению оптимальных параметров.

В разделе 2.5 предлагается порядок расчёта основных параметров и приводится расчёт для конкретных и относительных величин исследуемой системы заполнения трубопровода.

В выводах по второй главе предлагаются результаты и порядок вычисления основных гидравлических параметров и геометрических размеров струйной системы удаления воздуха из трубопроводов при их первоначальном заполнении.

Третья глава посвящена экспериментальным исследованиям, проведённым в натурных условиях. В задачи исследований входило опытное определение гидравлических параметров аппарата для конкретных эксплуатационных условий, определение коэффициента гидравлического сопротивления λ напорного трубопровода и вывод эмпирической зависимости напора рабочего потока исследуемого аппарата от напора центробежного насоса. При исследованиях использовалась теория планирования эксперимента, в качестве факторов принимались – напор потока перед струйным аппаратом H_1 , напор центробежного насоса насосной станции первого подъёма H_2 и расстояние по трассе трубопровода от насосной станции. В качестве критерия принималась величина вакуума по трассе трубопровода. По полученным и обработанным данным приведённой матрицы получено уравнение в натуральных величинах и графические зависимости величины вакуума от напора перед струйным аппаратом и от напора насосной станции первого подъёма, по которым определяется критерий для всех случаев эксплуатационных условий.

В выводах по третьей главе сказано, что на основе проведённых экспериментальных исследований подтверждается теоретическое обоснование и утверждение максимального отличия величины вакуума 12,1 % (-2,41 м против -2,81 м), кроме того, установлено, что для наибольшей вероятности возникновения вакуума в напорном трубопроводе необходим напор перед струйным аппаратом, при котором значение кинетической

энергии уменьшит потенциальную до максимального отрицательного значения -8 м.

Четвёртая глава посвящена разработке технологического процесса возможности создания эксплуатационных условий для удаления воздуха струйным аппаратом из напорного трубопровода перед пуском гидромеханического оборудования насосной станции. Для наиболее удобного использования предполагаемой технологии заполнения трубопровода машинистами насосных станций технологический процесс представлен в виде порядка пуска с назначением мероприятий по маневрированию задвижками и возможными изменениями измерительной аппаратуры. Все проводимые мероприятия описаны в таблицах 4.1, 4.2.

В выводах по четвёртой главе указано, что разработанный технологический процесс позволяет определить порядок эксплуатации установленной арматуры, усовершенствовать и упростить процесс управления трубопроводной аппаратурой и измерительными приборами, повысить кавитационный запас и допустимую вакуумметрическую высоту всасывания при гидрологических колебаниях в водоемном источнике.

Пятая глава посвящена экономическому обоснованию исследованного способа заполнения трубопроводов. В качестве заменяемого варианта предлагается вариант удаления воздуха с помощью клапанов сброса – вантузов, предполагаемого варианта – упрощенная схема создания вакуума с использованием дополнительного насоса (компрессора) для подачи рабочего потока в струйный аппарат. Приводится сравнительная таблица 5.1 стоимости сооружений и устанавливаемого оборудования, определены затраты по вариантам, рассчитан эффект в сфере эксплуатации 45,66 тыс. руб., эффект от досрочного ввода 16,5 тыс. руб. и суммарный годовой эффект, с учетом эффекта в сфере строительства 624,75 тыс. руб.

В выводах по пятой главе сказано, что в случае учёта пуска используемых насосных станций (мелиоративных по ЮФО – 404 шт) при постоянных неоднократных вариантах использования разработанной технологии, экономический эффект превысит десятки миллионов рублей.

В заключении сформулированы полученные результаты лично автором, которые полностью отвечают поставленным задачам, соответствуют цели диссертационного исследования.

Апробация результатов исследований и публикация научных работ.

Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в 10 печатных работах, из них 4 в рецензируемых научных журналах в соответствии с перечнем, рекомендованным ВАК и Минобрнауки РФ.

Личный вклад автора состоит в выборе научного направления: постановке цели и задачи исследований; определения объектов и методов

изучения; проведение экспериментов, получении цифровых данных и статистической обработке: интерпретации результатов исследований; формулировке выводов и практических рекомендаций, а также их апробации на научных конференциях.

Материалы исследований внедрены в ГУП «Кубаньводкомплекс» Краснодарского края ремонтно-эксплуатационное управление. Струйный аппарат введён в эксплуатацию для создания вакуума в напорном трубопроводе при первичном заполнении водой перед пуском насосной станции первого подъёма на реке Казачий Ерик Темрюкского района Краснодарского края (акт внедрения прилагается).

Рекомендации по использованию результатов диссертационной работы. Результаты диссертационной работы рекомендуются для использования как проектными организациями при расчёте гидравлических параметров и геометрических размеров струйной системы удаления воздуха из напорных трубопроводов при их первоначальном заполнении, так и крупными насосными станциями при реализации вопросов удаления воздуха струйными аппаратами из оросительных трубопроводов.

Замечания по диссертационной работе.

1. На рисунке 3.3 стр. 55 диссертационной работы показан продольный профиль напорного трубопровода с перепадом от 20 м до 100 м, более 80 м перепад, а экспериментальные исследования проводились в Темрюкском районе Краснодарского края, который расположен на Таманском полуострове в северо-западной части Краснодарского края, как вы можете объяснить такой высокий перепад?

2. В ходе эксплуатации оросительной системы необходимо проводить заполнение и сброс воды из оросительных трубопроводов, в таком случае объясните какое количество пусков струйного аппарата необходимо при заполнении напорного трубопровода?

3. Из расчета оптимальных геометрических размеров и гидравлических параметров системы удаления воздуха (таблица 2.5) не ясно каким образом определялись гидравлические сопротивления в трубопроводе и струйном аппарате?

4. На рисунке 3.12 и 3.13 стр. 70 диссертационной работы показаны 2 графика зависимости величины вакуума в трубопроводе от напора перед струйным аппаратом и от напора насосной станции первого подъёма, где вы их можете применить?

5. В главе 3 экспериментальные исследования рассматриваются две насосные станции первого и второго подъёма, объясните цель запуска насосной станции второго подъёма?

6. При расчёте величины зависимости отрицательного давления в сопле струйного аппарата от напора насоса нагнетателя (таблица 2.1) определён скоростной напор и потери в сопле с коэффициентом $\zeta_o=0,2$, в следствии чего их величины колеблются в пределах 15,32 – 19,31 м. При полученных значительных потерях в сопле создание высокого вакуума в камере смещения невозможно, т.к. кроме потерь в сопле, в аппарате присутствуют потери на вход, в камере смещения и в диффузоре. Кроме того, непонятно, из каких соображений принят коэффициент гидравлического сопротивления сопла $\zeta_o=0,2$?

7. В п.2 выводов главы 2 сказано, что по приведённым зависимостям определяется весовой коэффициент эжекции, непонятно, о каких зависимостях идет речь? Следовало бы привести зависимость или сослаться на пункт таблицы 2.5, в котором приведён данный расчёт.

8. При проведении экспериментальных исследований (глава 3) в разделе 3.1 приводится методика проведения исследований, по которой расход на струйный аппарат определяется по зависимости $Q_o = \varphi \sqrt{2gH_n}$ величина H_n принимается по фактическому напору насосной станции (таблица 3.1). Непонятно, значение величины коэффициента скорости φ , и из каких соображений данный коэффициент принят?

9. Обработка данных матрицы (таблица 3.5), в исследованиях 2-ой группы опытов, позволила получить уравнения 3.7-3.8 в общем виде и в натуральных величинах, непонятно, каким образом их можно использовать?

10. В выводах по главе 3 п.3 установлено, что для наибольшей вероятности возникновения вакуума необходим напор перед струйным аппаратом, который способен увеличить кинетическую энергию в камере смещения до максимального отрицательного значения потенциальной энергии. Из данного вывода непонятно, о каких значениях идет речь? Конкретные величины следует приводить, в противном случае, непонятна возможность использования всей предложенной технологии заполнения.

11. По тексту диссертационной работы отсутствуют некоторые ссылки на публикации.

12. На схеме установки оборудования на насосных станциях первого и второго подъема, рисунок 4.2 диссертационной работы не показаны обратные клапаны

Заключение

Диссертационная работа Цыпленкова Дмитрия Степановича на тему: «Техническое и технологическое обоснование способов удаления воздуха струйными аппаратами из оросительных трубопроводов» выполнена на актуальную тему и несмотря на указанные замечания является завершённой

Отзыв на диссертационную работу Цыпленкова Дмитрия Степановича рассмотрен и одобрен на заседании кафедры комплексных систем водоснабжения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (протокол № 3 от 27 октября 2025 г.)





Подпись *Занин*
ЗАВЕРЮ
ЗАМ. НАЧ. ДЕННИКА
КАДРОВ О.А. АСД

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ОБЩЕПОЛКОВОЕ
НАЧАЛЬНИК ДЕННИКА КАДРОВ
Полковник Занин
Удостоверение № 7