

## ОТЗЫВ

официального оппонента

**Орлова Владимира Александровича**

доктора технических наук, профессора, заведующего кафедрой «Водоснабжение и водоотведение» ФГБОУ ВО НИУ «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» на диссертационную работу Чупина Романа Викторовича «Модели и методы развития и реконструкции систем водоотведения в условиях вариативности перспективного отведения сточных вод», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.04 «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов».

### ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Диссертационная работа представлена на 260 страницах, включая 170 рисунков, 22 таблицы, список библиографической литературы из 233 наименований, приложения № 1 по внедрению результатов исследований в шести организациях.

*Во введении* обосновывается актуальность работы, указывается степень разработанности исследований, формулируются цели и задачи исследования, подтверждается научная новизна и практическая значимость работы, выносятся на защиту основные положения диссертации, приводятся результаты апробации и внедрения результатов исследования.

*Первая глава* посвящена анализу существующих систем водоотведения, и оценки исследовательской и нормативной базы в области моделирования и оптимизации систем водоотведения. Автор приводит содержательную постановку и алгоритм решения задачи развития и реконструкции систем водоотведения в условиях неопределенности перспективного водоотведения сточных вод и при наличии проектного финансирования. Особого внимания заслуживает методика оценки технико-экономических рисков и выбора предпочтительного варианта развития системы водоотведения с учетом обеспечения требуемой надежности, управляемости и экологической безопасности.

*Вторая глава* посвящена исследованиям закономерности изменения напорно-безнапорного движения сточных вод, которые возникают в связи с превышением расчетных объемов поступления сточных вод, застоем и



засорением трубопроводных участков сети. Автором на основе теории гидравлических цепей предлагается новая методика моделирования таких режимов с оценкой образования противотоков и выхода сточных вод на поверхность земли в разветвленных и кольцевых системах водоотведения. Предлагаемая методика предназначена для моделирования статических режимов, в тоже время она проста в понимании и применении её при анализе проектных решений.

*Третья глава* посвящена разработке методов оптимизации новых и реконструируемых систем водоотведения на основе критерия дисконтированных приведенных затрат и затрат жизненного цикла. Автору удалось привести эти критерии к функции расхода сточной жидкости, что в свою очередь, позволило адаптировать и модифицировать метод поиска максимального потока минимальной стоимости к решению поставленной задачи, а также удалось провести исследования и показать, что для реконструируемых систем водоотведения оптимальными могут быть и кольцевые решения.

*Четвертая глава* посвящена проблеме повышения надежности, сейсмостойкости и режимной управляемости систем водоотведения. Предложено надежность и экологическую безопасность оценивать количественным показателем – объемом неочищенных сточных вод, который образуется в результате возникновения и ликвидации аварий. При этом повышение надежности и сейсмостойкости осуществляется путем добавления в критериальную функцию дополнительных затрат на ликвидацию аварийных ситуаций. На примере расчета реальных объектов показано, что учет факторов надежности и сейсмостойкости оказывает существенное влияние на выбор трассы и состава сооружений систем водоотведения.

*В пятой главе* на основе методологии динамического программирования предложены методы оптимизации параметров новых и реконструируемых систем водоотведения. При этом оптимизация производится на основе дискретных значений диаметров трубопроводов, которые выпускает промышленность. Автор рекомендует использовать эти методы для детального проектирования, особенно при обосновании параметров первой очереди строительства.

*Шестая глава* посвящена оптимизации многоуровневых систем водоотведения (внутриквартальные, уличные, магистральные). На основе теории агрегирования и декомпозиции автором разработана новая методика оптимизации, отличающаяся тем, что в комплексе обосновываются параметры всех уровней сбора и транспортировки сточных вод. При этом предложен

оригинальный алгоритм, типа «блуждающих трубок», существенно уменьшающий изыскательские работы.

В *седьмой главе* изложены разработанные алгоритмы и программы и на реальных объектах показана их экономическая эффективность.

В *заключении* сформулированы основные результаты диссертационного исследования и сделано их обобщение.

В приложении приведены акты и справки об использовании результатов работы в предприятиях, эксплуатирующих системы водоснабжения и водоотведения в администрациях городов и министерстве ЖКХ Иркутской области.

Диссертационная работа написана грамотно, содержит необходимое и достаточное количество иллюстративного материала. Текст диссертации оформлен с учетом правил научного цитирования, содержит ссылки на авторов и используемые материалы.

Автореферат диссертации полностью отражает содержание диссертационной работы.

## ПОЛНОТА ОПУБЛИКОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

По теме диссертации опубликовано 74 научные работы, в том числе 9 статей индексируемых Scopus, 34 статьи в журналах, рекомендуемых ВАК, 2 монографии, одна написана единолично в количестве 418 с., имеется свидетельство о государственной регистрации программ на ЭВМ.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Актуальность темы исследования не вызывает сомнения. Системам водоотведения, да и другим объектам жилищно-коммунального хозяйства, в нашей стране не уделяется должного внимания уже не один десяток лет. В итоге срок службы их уже превысил 70%. Проектирование, строительство и эксплуатация осуществляются устаревшими методами и технологиями. В тоже время появились и совершенствуются новые технологии бесканальной прокладки и реконструкции систем водоотведения, развиваются цифровые технологии и интеллектуальные системы управления. Их применение требует переосмысления всей организации управления развитием и реконструкцией систем водоотведения.

В эпоху развитого социализма вопросам развития и реконструкции систем водоотведения (СВО) уделялось большое внимание, и они решались централизованно и своевременно. Существовала централизованная система

научно-исследовательских и проектных институтов, которые разрабатывали и корректировали планы развития инженерной инфраструктуры и водохозяйственного комплекса территории и городов, утверждали их в Госплане и Госстрое, и сопровождали их реализацию. Начиная с 90-ых годов государственная политика и централизованная система управления развитием инженерной инфраструктуры постепенно разрушались и смещались на региональный уровень. Регионы же не имели и не имеют достаточного финансирования для таких капиталоемких проектов. Выход из сложившейся ситуации видится в проектом финансировании, при котором инвестиции формируются в ходе реализации проекта за счет платы за подключения новых абонентов к реконструируемой и развивающейся системе водоотведения и за счет инвестиционной составляющей в тарифе. Такое финансирование влияет на выбор проектных решений и формирует последовательность их реализации. Очевидно, для обоснования таких проектных решений требуются новые подходы, модели и методы. Именно решению этих вопросов и посвящена настоящая диссертационная работа.

#### СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, СФОРМУЛИРОВАННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждается изучением и использованием накопленного опыта отечественных и зарубежных ученых в области расчета, моделирования и проектирования систем водоотведения, глубиной и тщательностью выполненных автором теоретических и практических исследований, применением базовых знаний и закономерностей формирования напорных и безнапорных режимов движения и распределения сточной жидкостей в трубопроводах и каналах. Обоснованность научных положений также подтверждается результатами многочисленных экспериментов, выполненных на работающих системах водоотведения. Все сформулированные в диссертационной работе положения согласуются с целью и задачами исследований.

#### ДОСТОВЕРНОСТЬ И НОВИЗНА НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, СФОРМУЛИРОВАННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

Численные эксперименты, широкое внедрение результатов работы, сопоставление расчетных и реальных замеров режимов работы систем водоотведения подтверждают достоверность полученных научных результатов.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, состоит в следующем:

1. Разработаны новые методы и модели развития и реконструкции систем водоотведения, которые основываются на использовании информационных технологий и отличаются от существующих учетом проектного финансирования, вариативностью перспективного водоотведения сточных вод, оценкой технико-экономических рисков от принимаемых решений, оптимальностью распределения инвестиций в строительство новых и реконструкцию существующих сетей и сооружений.

2. Предложена и реализована на практике новая методика расчета потокораспределения в канализационных сетях, отличающаяся учетом напорно-безнапорных режимов движения жидкости в трубопроводах и коллекторах.

3. Впервые в задачах оптимизации развития и реконструкции систем водоотведения предложены и исследованы методы повышения их режимной управляемости, надежности и сейсмостойкости на основе оценки технико-экономических и гидравлических параметров кольцевых напорных и безнапорных трубопроводов.

4. Разработана новая методика оптимизации параметров и функционирования многоуровневых систем водоотведения, отличающаяся тем, что в комплексе учитывает технико-экономические и гидравлические параметры всех уровней сбора и транспортировки сточных вод.

5. Получены новые математические зависимости: изменения капиталовложений и издержек эксплуатации от гидравлических параметров трубопроводов самотечной канализации; объемов сточных вод, выходящих на поверхность земли в результате аварийных ситуаций, от расхода сточной жидкости, транспортируемой по участкам самотечных коллекторов.

6. Впервые в задачах моделирования развития и реконструкции систем водоотведения для обоснования вариантов развития, анализа и оптимизации использована теория принятия решений и модели нечетких множеств и учтён фактор неопределенности информации о прогнозных величинах удельного водопотребления.

### ЗНАЧИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

Теоретическая и практическая значимость исследований заключается в разработке на основе цифровых технологий новых подходов и методов моделирования и оптимизации развивающихся систем водоотведения с учетом повышения их надежности, экологической безопасности и режимной

управляемости.

Для научно-исследовательских, проектных и эксплуатационных организаций в сфере водоотведения получены следующие научные и практические результаты:

1. Новые модели и методы реконструкции и развития систем водоотведения, отличающиеся учетом финансирования инвестиционных проектов, вариативностью перспективного водоотведения сточных вод, технико-экономических рисков и жизненного цикла системы, учетом сейсмического районирования. Предложенные подходы и методы моделирования и анализа режимов работы систем водоотведения позволяют производить оценку не только эффективности и технической реализуемости принимаемых решений развития систем водоотведения, но и анализировать надежность и режимную управляемость существующих сетей и сооружений.

2. Предложенные разработанные и исследованные модели и методы учитывают фактор финансирования инвестиционных проектов, вариативность перспективного водоотведения сточных вод, показатели надежности и сейсмостойкости, позволяя на основании критерия затрат жизненного цикла находить в области указанных ограничений оптимальные решения. Применение этих методов на каждом из этапов моделирования развития систем водоотведения позволяют в комплексе оптимизировать проектные решения и существенно повысить обоснованность и технико-экономическую эффективность принимаемых решений.

3. Реализован ПВК TRACE-VK, который доказал свою вычислительную и экономическую эффективность при разработке программ развития СВО городов Иркутской области, что позволило минимизировать объемы инвестиций и оптимально распределить их по этапам развития, в том числе, в строительство новых и реконструкцию существующих сетей и сооружений

### ЗАМЕЧАНИЯ

1. В работе недостаточное внимание уделено новым технологиям бесканальной прокладки трубопроводов. Не проведены исследования по влиянию этих технологий на оптимальную структуру сети и сооружений.

2. Ничего не сказано про вакуумную канализацию, которая находит все большее применение в небольших поселках, расположенных в особо охраняемых территориях.

3. Обсуждаются вопросы транспортирования сточных вод автомобильным транспортом. Однако не затрагиваются проблемы изменения

качественного состава сточных вод при их транспортировке автомобильным транспортом.

4. Вопросы повышения сейсмостойкости систем водоотведения в работе рассмотрены только с позиции выбора трассы и структуры сооружений, и ничего не сказано о демпфирующих устройствах, которые применяются на сетях водоотведения, например, в Японии.

5. Повышение управляемости систем водоотведения в работе рассмотрены только с позиции минимизации затрат электроэнергии и ничего не сказано об управляемости системы в аварийных ситуациях с позиции предотвращения попадания сточных вод на поверхность земли.

6. Новая методология проектирования должна иметь законодательное подтверждение и включение в Свод Правил. При этом возникает вопрос: какие позиции работы надо обязательно включить в эти документы ?

Высказанные замечания и вопросы не влияют на общую положительную оценку данной работы.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ О СООТВЕТСТВИИ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ТРЕБОВАНИЯМ «ПОЛОЖЕНИЕ О ПРИСУЖДЕНИИ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ»

Диссертационная работа Чупина Романа Викторовича на тему «Модели и методы развития и реконструкции систем водоотведения в условиях вариативности перспективного отведения сточных вод», соответствует паспорту специальности 05.23.04- «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов», ее формуле и области исследования.

Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне, является завершенной научно-квалификационной работой, в которой решена актуальная научная проблема - совершенствование и разработка новых моделей и методов развития и реконструкции систем водоотведения в условиях снижения водопотребления в большинстве городов и поселений России, решение которой имеет важное социально-экономическое и хозяйственное значение для страны.

Считаю, что диссертация по своей актуальности, новизне, научной и практической значимости соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.13 №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Чупин Роман Викторович, заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.23.04-«Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов».

Официальный оппонент,

Доктор технических наук по специальности 05.23.04- «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов», профессор, заведующий кафедрой «Водоснабжение и водоотведение» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

 17.11.20

Орлов Владимир Александрович

Подпись доктора технических наук, профессора В.А. Орлова заверяю:





Адрес: 129337, Москва, Ярославское шоссе., 26, НИУ МГСУ, кафедра «Водоснабжение и водоотведение», электронный адрес: kanz@mgsu.ru