

## ОТЗЫВ

официального оппонента

**Терехова Льва Дмитриевича**

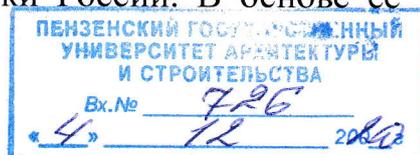
доктора технических наук, профессора ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика» на диссертационную работу Чупина Романа Викторовича «Модели и методы развития и реконструкции систем водоотведения в условиях 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».

### СТРУКТУРА РАБОТЫ

Диссертационная работа представлена в одном томе объемом 260 машинописных страниц, включая 170 рисунков, 22 таблицы, список библиографической литературы из 233 наименования на русском и иностранных языках, приложения по внедрению результатов исследований.

Во введении обосновывается актуальность работы, формируются цели и задачи исследования, доказываются научная новизна и практическая значимость, приводятся результаты апробации.

В первой главе произведен анализ существующих систем водоотведения, дана оценка проектной, нормативной и научно-исследовательской базы в области моделирования и оптимизации систем водоотведения, сделана содержательная постановка и предложена методология оптимального управления развитием систем водоотведения. Эта методология логична и отражает стратегические основы развития экономики России. В основе ее



лежит принцип проектного финансирования, и она учитывает вариативность перспективного отведения сточных вод, технико-экономические риски, затраты жизненного цикла системы, её надежность, управляемость и экологическую безопасность.

Во второй главе исследованы закономерности изменения напорно-безнапорного движения сточных вод, которые возникают в связи с превышением расчетных объемов поступления сточных вод, засорения трубопроводов и их внезапный отказ. Автором предложена на основе теории гидравлических цепей новая методика моделирования таких режимов с оценкой образования противотоков и выхода сточных вод на поверхность земли. Эта методика базируется на единой методологической базе и позволяет рассчитывать напорные и безнапорные, стационарные режимы, что несомненно является научным достижением в теории моделирования трубопроводных систем любого технологического назначения.

В третьей главе на основе критерия дисконтированных приведенных затрат сформулирована и исследована задача оптимизации развивающихся систем водоотведения. Показано, что оптимальное решение для новых сетей СВО соответствует структуре в виде дерева, а при наличии реконструируемых участков сети, возможны и кольцевые решения. В этой части заслуживает особого внимания предлагаемый автором подход сведения функции затрат к вектору расходов сточной жидкости по участкам гидравлической сети, как главному оптимизируемому параметру. С другой стороны, это позволило адаптировать методы глобальной оптимизации к решению поставленной задачи и провести исследования по применению автомобильного транспорта для перевозки сточной жидкости.

Четвертая глава посвящена вопросам повышения надежности, сейсмостойкости и режимной управляемости СВО. Автор в своих моделях предложил эти факторы учитывать через затраты на ликвидацию аварийных ситуаций и ущербы, наносимые окружающей среде, в результате попадания сточных вод на поверхность земли. При этом надежность и экологическую

безопасность предложено оценивать количественным показателем – объемом неочищенных сточных вод, который образуется в результате возникновения и ликвидации аварий. Исследования, проведенные автором, показали, что учет фактора надежности оказывает существенное влияние на выбор трассы и структуры сооружений СВО.

В пятой главе излагаются методы оптимизации параметров новых и реконструируемых систем водоотведения, предназначенные для детального проектирования при выборе и обосновании первой очереди строительства СВО. Автор на основе схемы динамического программирования разработал метод поиска оптимальной трассы и параметров напорных и безнапорных трубопроводных систем на основе их дискретных значений и сортамента оборудования, выпускаемого промышленностью.

В шестой главе на основе теории агрегирования и декомпозиции разработана новая методика оптимизации многоуровневых систем водоотведения, отличающаяся тем, что в комплексе обосновываются параметры всех уровней сбора и транспортировки сточных вод. Предлагаемая автором методика позволяет в ходе обоснования проектного решения минимизировать затраты на изыскательские работы.

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

В заключении сформулированы основные полученные при выполнении диссертационного исследования результаты 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.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Общеизвестно, что коммунальным системам не уделялось должного внимания ни в СССР, не уделяется и сейчас. По-прежнему крайне мало используются современные надежные типы труб – из высокопрочного чугуна, полиэтиленовые трубы, нет надежных отечественных типов арматуры, обновление и восстановление трубопроводов не проводится в требуемом объеме, значительная часть работ по замене и ремонту труб выполняется открытым способом. Результаты такой политики и привели к значительному износу и неудовлетворительному состоянию коммунальных систем большинства городов России. Очевидно, что сложившаяся в коммунальном комплексе России ситуация вышла за рамки местных, региональных и отраслевых проблем и практически затрагивает все население и весь хозяйственный комплекс в целом.

Традиционная методика составления целевых программ с подробным изложением технических мероприятий, их стоимостной оценки, выведение валовых показателей с целью включения их в государственный бюджет, не подходит для настоящего времени. В этих условиях оптимальный путь – четкое знание проблем с водоснабжением и водоотведением в городах и поселениях России, совершенствование нормативной базы, разработка оптимальных схем развития и модернизации систем водоотведения и водоснабжения, учет фактора надежности и экологической безопасности.

Для реализации этой стратегии и определения долгосрочной перспективы развития систем водоснабжения и водоотведения городов и поселений России Правительством РФ утверждены и введены в действие следующие основополагающие документы: 210 Федеральный Закон (ФЗ) «О тарифном

регулировании...»; Закон «О водоснабжении и водоотведении» (ФЗ №416 с изменениями от 25 декабря 2018 год); постановление правительства РФ №782 от 05.09.2013 «О схемах водоснабжения и водоотведения»; постановление правительства РФ №641 от 29.07.2013—«Об инвестиционных программах...» и более 40 других постановлений и подзаконных актов. Декларируемая в этих документах государственная политика в сфере водоснабжения и водоотведения включает:

- создание условий для привлечения инвестиций в сферу водоснабжения и водоотведения, обеспечение гарантий возврата частных инвестиций;
- обеспечение стабильных и недискриминационных условий для осуществления предпринимательской деятельности в сфере водоснабжения и водоотведения.

Пути развития водной отрасли России укрупнённо можно представить в виде двух этапов. Первый - разработка схемы развития системы водоснабжения и водоотведения на период не менее 10 лет, второй – реализация этой схемы на основе инвестиционных программ предприятий коммунального комплекса. Инвестиционная программа разрабатывается на срок действия регулируемых тарифов организацией, осуществляющей горячее водоснабжение, холодное водоснабжение и (или) водоотведение, но не менее чем на три года и может ежегодно корректироваться с учетом изменения объективных условий деятельности соответствующих организаций. Так что, если схема разработана на период 15 лет, то для ее реализации может потребоваться 5 инвестиционных программ по 3 года, или 3 по 5 лет. В инвестиционных программах формируется финансовое обеспечение развития и реконструкции систем водоотведения за счет инвестиционной составляющей в тарифе, платы за подключение для вновь вводимых в строй объектов капитального строительства и целевого финансирования по отдельным государственным и муниципальным программам, займам и кредитам (проектное финансирование). Специфика такого финансирования состоит в том, инвестиции генерируются самим

проектом. Финансовое обеспечение развитием систем водоотведения в этом случае становится ограниченным и возникает задача в их рациональном распределении между строительством новых объектов водоотведения и реконструкцией уже существующих. Реализация такой стратегии требует разработки новых моделей и методов развития и реконструкции систем водоотведения, разработки и внедрения новой технологии их проектирования и реализации с рассмотрением всего жизненного цикла системы, с моделированием и учетом возможных режимов функционирования. Именно эти вопросы и являются предметом настоящей работы.

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

Достоверность работы основывается на анализе и оценке многочисленного материала по состоянию трубопроводных систем сбора и транспортировки сточных вод ряда городов Сибири и разработке на их основе математических моделей функционирования и управления их развитием, применением апробированных на практике научно-методического аппарата теории и практики надежности сложных инженерных систем массового обслуживания.

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

1. Разработана новая методология обоснования параметров развития и реконструкции систем водоотведения, отвечающая современным требованиям информационных технологий и отражающая государственную политику, направленную на создание благоприятных условий для привлечения государственных и частных инвестиций в эту сферу деятельности.

2. Обобщен многолетний опыт работы в области моделирования и оптимизации трубопроводных систем коммунального хозяйства. Системы водоотведения рассмотрены с позиции общих принципов их проектирования, математического моделирования и оптимизации. Такой подход позволил разработать единую систему математических моделей, методов и программ для решения общих и специфических задач анализа и синтеза развивающихся систем водоотведения.

3. Предложена и реализована на практике новая методика расчета напорных и безнапорных трубопроводных систем коммунального хозяйства, отличающаяся от существующих единой методической основой, и позволяющая моделировать всевозможные статические режимы их функционирования.

4. 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.

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

6. 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.

7. 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 результаты:

1. Новые модели и методы реконструкции и развития систем водоотведения, отличающихся 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 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 и позволяют на основании критерия затрат жизненного цикла находить в области указанных ограничений оптимальное 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. Известно, что на оз. Байкал одна из главных проблем – это водоотведение. В настоящее время даже очищенные до рыбохозяйственных норм сточные воды запрещено сбрасывать в озеро. Единственный путь – отведение сточных вод в другие водоразделы. Возникает вопрос, можно ли с помощью методов, предложенных диссертантом, доказать это. Считаю, что всю диссертационную работу можно было бы рассмотреть через призму этой глобальной и важной для человечества проблемы – сохранения оз. Байкал.

2. Действительно за последние 10 лет удельное водопотребление существенно уменьшилось практически во всех городах России. Возможно оно и дальше будет уменьшаться, либо остановится на каком-то уровне. Непонятно, за счет каких факторов оно может увеличиться, так как в работе такой вариант не рассматривается.

3. В работе при прогнозировании удельного водопотребления автор предлагает применять теорию нечетких множеств, которая порождает нечеткие решения. Из текста диссертации неясно, как из этих нечетких решений выбирать наиболее предпочтительные.

4. Автор предложил много различных методов оптимизации проектных решений, но не определил их возможности и ограничения применения для различных систем водоотведения, особенно для ливневой канализации.

5. Для небольших и коттеджных поселков с целью доставки стоков на очистные сооружения или в сливные приемные колодцы уже давно используется автомобильный транспорт, к которому предъявляются особые требования по температурному и качественному составу сточных вод. Из

текста работы не понятно, учитываются ли эти факторы при определении диапазона применимости автомобильного транспорта в предложенных моделях.

6. Вся диссертационная работа посвящена технико-экономическим расчетам и оптимизации СВО. Автору следовало бы отметить, какой именно экономический эффект (фактический или ожидаемый) от применения предлагаемых методов он определяет.

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:

«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, к 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, кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидравлика» ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»

Терехов Лев Дмитриевич



Подпись доктора технических наук, профессора Л.Д. Терехова заверяю:

Подпись руки	<i>Л.Д. Терехова</i>
удостоверяю.	
Начальник Службы управления персоналом университета	<i>Г.Е. Егоров</i>
« 27 »	11 2020 г.



Адрес: 190031, Санкт-Петербург, Московский проспект, 9, «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I», электронный адрес: dou@pgups.ru