

М. В. ШУВАЛОВ

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ ПОСЕЛЕНИЯ И ЕЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ

STRUCTURE TOPOLOGICAL MODEL OF SEWAGE SYSTEMS SETTLEMENT AND ITS FUNCTIONAL DESCRIPTION

Предложена топологическая модель структуры технической системы канализации поселения, которая отображена с помощью графов. Функциональное описание технической системы канализации поселения выполнено вербально и отражает многоуровневую иерархию функций системы канализации. Предложенная топологическая модель технической системы и ее функциональное описание позволяют выполнять анализ реальной системы канализации поселения и моделирование по решению задач модернизации и определения направления ее перспективного развития. Подробно описаны факторы, оказывающие влияние на совершенствование всех комплексов технологий системы канализации поселения, а также на выбор технологических решений на стадии архитектурно-строительного проектирования этих систем.

Ключевые слова: бытовые (хозяйственно-фекальные) сточные воды, городские сточные воды, технологии сбора, отведения и очистки сточных вод, утилизации и захоронения их компонентов, топологическая модель системы канализации поселения, функциональное описание системы канализации поселения

Система канализации поселения является специализированной сложной технической системой, созданной человеком для удаления городских и поверхностных сточных вод, как правило за границы поселения, а также их обезвреживания. Общепринято рассматривать систему канализации поселения как совокупность взаимосвязанных элементов – инженерных сооружений: санитарно-технические приборы и приемники сточных вод, сети внутренней канализации зданий, наружные сети канализации, насосные станции, станции очистки сточных вод (в том числе сооружения для обеззараживания сточных вод и обработки осадков), выпуски сточных вод в водные объекты и другие сооружения. Наличие в поселениях промышленных предприятий обуславливает строительство на их территории станций очистки производственных сточных вод для возврата их на повторное использование и/или сброса в сети коммунальной канализации поселения или водные объекты.

Главная цель системы канализации поселения заключается в обеспечении благопри-

A topological model of the structure of the technical system of sewage settlement, which is displayed using graphs, is proposed. The functional description of the settlement technical system is verbally executed and reflects a multi-level hierarchy of sewer system functions. The proposed topological model of a technical system and its functional description allow the analysis of the real sewerage system of a settlement and modeling to solve its modernization problems and determine the direction of its prospective development, taking into account the many internal and external factors and relations with the surrounding knowledge space and technology complexes. The factors influencing the improvement of all complexes of the settlement sewerage system, as well as the choice of technological solutions at the stage of architectural and construction design of these technical systems are described in detail.

Keywords: household (household and faecal) wastewater, urban wastewater, technologies for collecting, diverting and treating wastewater, recycling and disposal of their components, topological model of the settlement sewage system, functional description of the settlement sewage system

ятных условий жизнедеятельности человека и относится к числу основных принципов охраны окружающей среды, установленных в Федеральном законе «Об охране окружающей среды» и в Водном кодексе РФ, в котором указано, что главным (первым по списку) принципом водного законодательства является «значимость водных объектов в качестве основы жизни и деятельности человека ...». Понятие «благоприятные условия жизнедеятельности человека – состояние среды обитания, при котором отсутствует вредное воздействие ее факторов на человека (безвредные условия) и имеются возможности для восстановления нарушенных функций организма человека» применяется в Федеральном законе № 52-ФЗ, который регулирует отношения в области обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения РФ.

Для получения возможности осуществлять моделирование процесса модернизации системы канализации поселения и определять перспективное направление развития технологий

канализования, систему канализации поселения предлагается рассматривать как совокупность взаимосвязанных компонентов – комплексов технологий:

- 1) сбора сточных вод;
- 2) отведения (или транспортирования) сточных вод;
- 3) очистки сточных вод и обработки осадков;
- 4) утилизации компонентов сточных вод;
- 5) захоронения компонентов сточных вод (в том числе сброс очищенных сточных вод в водные объекты).

На рис. 1 представлена топологическая модель структуры системы канализации поселения, состоящая из пяти отдельных взаимосвязанных компонентов – комплексов технологий. Технологии обеззараживания очищенных сточных вод и осадков, а также технологии по обработке осадков, образующихся в процессе очистки сточных вод, в данной модели входят в компонент (комплекс технологий), обозначаемый *очистка сточных вод и обработка осадков*, так как перечисленные процессы реализуются, как правило, на едином объекте – станции очистки сточных вод.

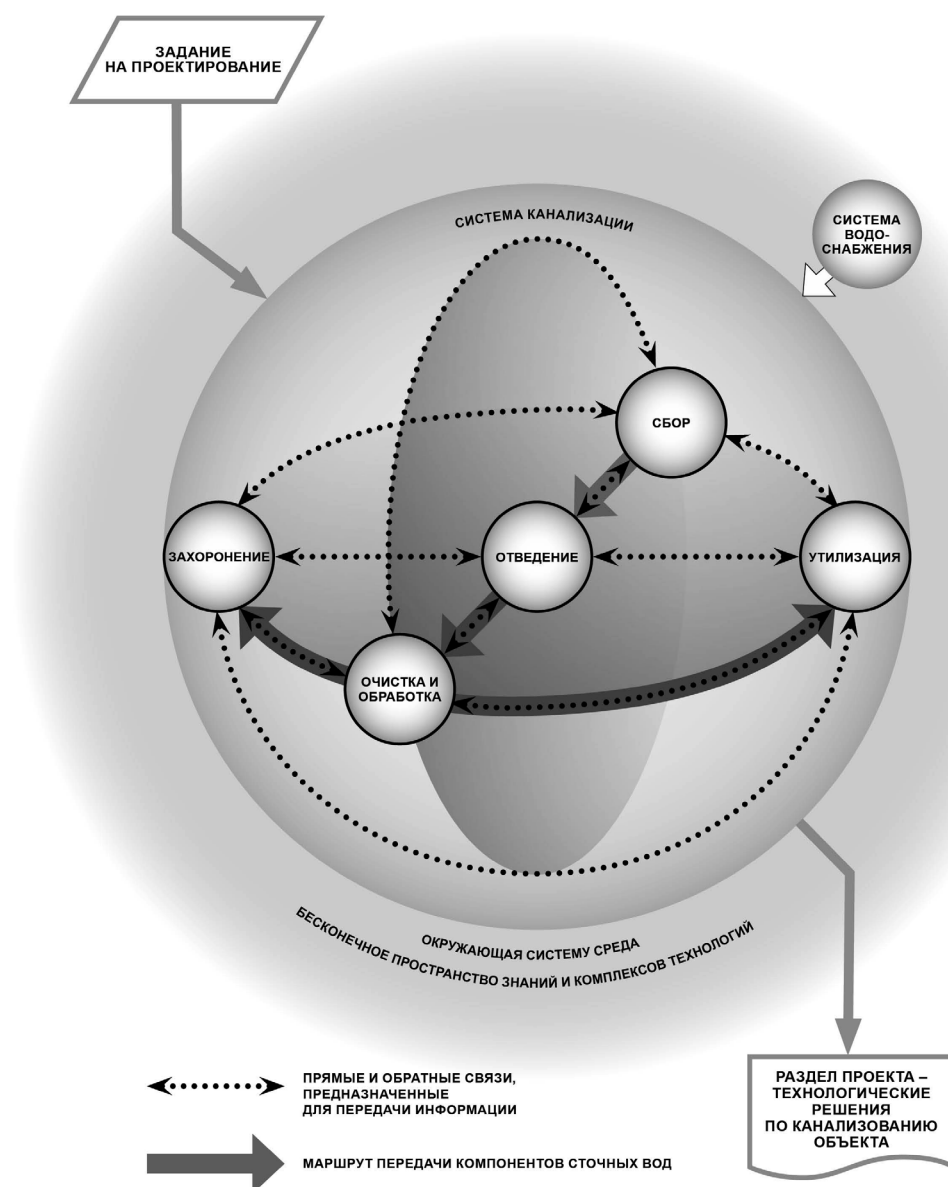


Рис. 1. Топологическая модель структуры системы канализации поселения

Разделение предложенной технической системы на составные компоненты выполнено на основе декомпозиции функций системы канализации поселения. Каждый компонент в модели технической системы представляет собой подсистему комплексов технологий, которые выполняют определенную функцию в границах целевой функции системы. Основная функция каждого компонента системы отражена непосредственно в названии соответствующего комплекса технологий. На рис. 2 представлено символическое отображение основных функций системы канализации поселения в виде лепестковой диаграммы.

Формирование многоуровневой модели функций системы канализации поселения выполнено на основе декомпозиции целевой функции и множества основных функций на более элементарные – вспомогательные функции системы, реализуемые на последующих уровнях декомпозиции за счет выбора и применения на стадиях архитектурно-строительного проектирования и эксплуатации системы канализации определенных конструктивных и технологических решений.

Описание системы канализации поселения на языке функций предлагается рассматривать в форме вербального описания иерархичной структуры следующих модулей функций.

Целевая функция системы канализации – обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека при соблюдении принципов охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

Основные (n) и вспомогательные (n.i) функции системы канализации поселения:

1 Сбор сточных вод с помощью санитарно-технических приборов и внутренней канализации зданий с выпуском их в наружные сети и сооружения канализации.

1.1 Разделение и объединение потоков сточных вод по категориям и видам с целью обеспечения возможности применения на централизованных и/или локальных станциях технологий очистки воды и обработки осадков, позволяющих максимально утилизировать компоненты сточных вод.

1.2 Обеспечивать безопасность для здоровья людей при эксплуатации внутренней канализации зданий.



Рис. 2. Основные функции системы канализации поселения

1.3 Предотвращать утечки сточных вод из внутренней канализации зданий в окружающую среду.

1.4 Предотвращать утечки газов и запахов из внутренней канализации в помещениях зданий.

1.5 Создавать комфортные условия для потребителей при пользовании санитарно-техническим оборудованием.

1.6 Обеспечивать для потребителей доступность по стоимости монтажа и эксплуатации санитарно-технического оборудования.

1.7 Обеспечивать надежность работы внутренней канализации зданий.

1.8 Обеспечивать ремонтпригодность всех элементов внутренней канализации зданий.

2 *Отводить (или транспортировать) сточные воды на станции очистки сточных вод и обработки осадков.*

2.1 Обеспечивать безопасность для здоровья людей при отведении сточных вод по наружным сетям канализации и транспортировании компонентов сточных вод иным способом.

2.2 Предотвращать утечки и эксфильтрацию сточных вод и их компонентов из элементов транспортной системы канализации (трубопроводных сетей и сооружений на них, транспортных средств и оборудования) в окружающую среду.

2.3 Обеспечивать для потребителей (абонентов) доступность по технологическим условиям подключения к транспортной системе канализации, а также по стоимости монтажа и эксплуатации нового оборудования.

2.4 Минимизировать ресурсоемкость и энергозатраты на транспортировку сточных вод.

2.5 Обеспечивать надежность (бесперебойность) работы наружных сетей канализации поселения и других элементов транспортной системы канализации.

2.6 Обеспечивать ремонтпригодность всех элементов транспортной системы канализации.

3 *Очищать сточные воды и обрабатывать осадки.*

3.1 Обеспечивать нормативное качество очистки сточных вод для повторного использования очищенных сточных вод или сброса их в водные объекты.

3.2 Минимизировать объемы отходов (осадков), получаемых в процессе обработки и очистки сточных вод.

3.3 Минимизировать негативное воздействие на окружающую природную и социальную среду.

3.4 Обеспечивать уровень (качество) обработки сточных вод и выделенных из них осадков, позволяющий применять технологии производства вторичной продукции из компонентов сточных вод.

3.5 Минимизировать ресурсоемкость и энергозатраты на осуществление очистки сточных вод и обработки осадков.

3.6 Обеспечивать рациональное использование природных ресурсов.

7 Обеспечивать надежность (бесперебойность) работы станций очистки сточных вод и обработки осадков в нормальных условиях и чрезвычайных ситуациях.

8 Минимизировать размеры санитарно-защитной зоны станций очистки сточных вод и обработки осадков.

9 Обеспечивать техническую возможность для планомерной модернизации станций очистки в условиях эволюции законодательных требований.

10 Обеспечивать ремонтпригодность всех видов оборудования, инженерных сетей, сооружений, строений и зданий на станциях очистки сточных вод и обработки осадков.

4 *Утилизировать компоненты сточных вод.*

4.1 Минимизировать негативное воздействие на окружающую природную и социальную среду.

4.2 Обеспечивать получение экологически безопасной вторичной продукции из компонентов сточных вод.

4.3 Минимизировать ресурсоемкость и энергозатраты на реализацию процессов утилизации компонентов сточных вод.

4.4 Содействовать внедрению технологий по повторному использованию очищенных сточных вод для водоснабжения объектов на сельской территории и промышленных предприятиях.

4.5 Максимизировать утилизацию осадков сточных вод в сельском хозяйстве и производстве строительных материалов, а также при производстве энергоресурсов.

5 *Осуществлять захоронение компонентов сточных вод, в том числе сброс очищенных сточных вод в водные объекты.*

5.1 Минимизировать опасное воздействие на незащищенных людей и окружающую природную среду.

5.2 Минимизировать ресурсоемкость и энергозатраты на реализацию процессов захоронения компонентов сточных вод.

5.3 Минимизировать размеры санитарно-защитной зоны объектов, предназначенных для захоронения компонентов сточных вод и выпусков сточных вод в водные объекты.

Символическое отображение структуры модели технической системы канализации поселения (см. рис. 1) выполнено с помощью графов. В предлагаемой модели графа принято пять вершин (компонентов структуры системы) и множество дуг (связи компонентов).

На иконографической модели (см. рис. 1) изображено два вида связей:

- прямые связи от одного компонента к другому в виде маршрута передачи вещества (сточных вод и/или их компонентов) в соответствии с последовательностью выполняемых функций;

- прямые и обратные связи, предназначенные для передачи информации:

- а) о параметрах и свойствах сточных вод и их компонентов на определенном этапе технологического цикла ликвидации отходов;

- б) о граничных условиях эффективного применения определенного типа технологии и оборудования для обработки сточных вод и их компонентов.

Все компоненты системы канализации поселения имеют прямую и обратную связь потока информации, обмен которой происходит на стадиях поиска перспективных технологических решений и архитектурно-строительного проектирования на этапе составления полного комплекса наиболее доступных технологий для канализования реального поселения.

Все компоненты системы канализации поселения составляют целое, которое обладает собственной главной целью – обеспечение благоприятных условий жизнедеятельности человека при соблюдении принципов охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Главное свойство системы канализации, характеризующее ее как комплекс технологий, заключается в том, что совместное функционирование компонентов системы обеспечивает достижение определенного уровня комфортной среды обитания человека, а также защиту окружающей среды от загрязнений, содержащихся в сточных водах.

Внешней средой системы канализации является потенциально бесконечное пространство знаний и сформированных на их основе комплексов технологий, которые в свою очередь условно объединены в бесконечное число систем и подсистем по совокупности функций. Взаимодействие ее с другими техническими системами носит активный характер по обмену научной и технической информацией. Взаимодействие технической системы канализации поселения с «системой водоснабжения поселения» является наиболее тесным, так как между ними происходит обмен не только информацией в блоке технологий обработки воды, но и передача вещества. В систему канализации поступает загрязненная в хозяйственной и производственной деятельности человека вода из технической системы водоснабжения, а возвращается в нее очищенная сточная вода, которая

после очистки повторно используется для нужд ирригации в сельском хозяйстве в соответствии с действующими нормами, а также в городском хозяйстве (в ряде стран, реализующих на практике концепцию Decentralized Sanitation and Reuse) для смыва в туалетах, ландшафтной ирригации, мойки дорожных покрытий и в качестве технической воды.

Внешняя среда, окружающая реальную систему канализации поселения, оказывает активное воздействие на ее развитие в направлении улучшения функциональных и эксплуатационных свойств технической системы в целом и отдельных ее компонентов. На процесс развития технической системы в первую очередь оказывают воздействие новые знания из области физических, химических, биологических, медицинских и других отраслей науки. Особенно большое влияние на развитие системы канализации поселений оказывают инновационные технологические решения, разработанные в смежных отраслях технических наук и промышленном производстве, а также политические и социальные решения и другие факторы.

Факторы, оказывающие влияние на совершенствование всех комплексов технологий системы канализации поселения и развитие отрасли науки и техники «Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов», а также на выбор технологических решений на стадии архитектурно-строительного проектирования, предлагается классифицировать следующим образом:

1 Теории и понятия.

1.1 Теории и законы из области фундаментальных наук и способы приложения этих знаний к решениям задач инженерной практики.

1.2 Теории и законы из области прикладных технических наук.

1.3 Теории и законы из области экономических наук.

1.4 Понятие о том, что компоненты сточных вод и отходы, полученные в результате воздействия на питьевую воду или сточные воды, должны быть максимально утилизированы в качестве сырья для производства вторичной продукции или захоронены в земле и/или в океанах и морях с учетом экологических требований (дампинг) как закон природы.

2 Физические факторы, не зависящие от воли проектировщика.

2.1 Рост численности населения в городах и на планете.

2.2 Рост промышленного производства.

2.3 Состояние уровня финансирования научных исследований и опытно-конструкторских работ в области науки и техники «Водоснабжение, канализация, строительные системы охра-

ны водных ресурсов» за счет государственных и муниципальных программ и инвестиционных программ предприятий коммунального комплекса, а также за счет научных конкурсов и грантов.

2.4 Состояние уровня государственного финансирования программ подготовки в учебных учреждениях техников, бакалавров, магистров, специалистов и научно-педагогических кадров по укрупненной группе специальностей «Техника и технологии строительства» и направлению «Строительство».

2.5 Изменения нормативных положений для проектирования канализации поселений и повышение уровня гигиенических и экологических норм.

2.6 Географическое местоположение проектируемого объекта капитального строительства.

2.7 Гидрогеологические и климатические условия на территории проектируемого объекта.

2.8 Состояние экономики в отрасли жилищно-коммунального хозяйства региона, в котором планируется осуществлять проектирование объекта капитального строительства.

2.9 Состояние уровня информативности общественности о воздействии загрязнений сточных вод на окружающую природную и социальную среду и о технической доступности и затратах на мероприятия, снижающих антропогенное воздействие на окружающую среду.

2.10 Эволюция ожиданий потребителей.

2.11 Изменение климата на планете.

3 *Физические факторы, определяемые проектом и зависящие от воли проектировщика.*

3.1 Повышение степени благоустройства жилищ и территории поселений.

3.2 Оптимизация нормирования эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду.

3.3 Оптимизация методологии проектирования посредством внедрения новых методов проектирования и эффективного менеджмента инноваций.

3.4 Оптимизация технологических решений по канализованию проектируемого объекта капитального строительства, направленная на снижение ресурсоемкости и повышение энергоэффективности систем канализации и водоснабжения.

3.5 Формирование проектной группы из числа наиболее компетентных и опытных инженеров-проектировщиков.

3.6 Оптимизация инвестиционной программы финансового обеспечения реализации проекта.

Прогноз о перспективном развитии системы канализации поселения в направлении постепенного перехода от централизованной

к децентрализованной раздельной системе канализации для хозяйственных и фекальных сточных вод, за счет интенсивного поиска и внедрения модифицированных технологий разделения экскрементов и хозяйственных сточных вод с целью раздельной их обработки с утилизацией компонентов сточных вод, является логически обоснованным фактом, полученным, во-первых, на основе анализа современных проблем в области гигиены и охраны окружающей природной среды от загрязнений, содержащихся в сточных водах [1]. И во-вторых, на основе предлагаемого положения о необходимости выполнять модернизацию технологий, применяемых на практике, параллельно во всех компонентах системы канализации поселения, так как при анализе предложенной модели технической системы установлена их тесная взаимосвязь.

Анализ статистических данных [2–4] о фактическом состоянии существующих систем канализации в городах и сельских поселениях показывает, что необходимо принимать кардинальные решения в этой сфере деятельности. Техническое перевооружение внутренней канализации существующих зданий при переходе на двухтрубную канализацию с целью внедрения технологии повторного использования хозяйственных сточных вод после очистки их на локальных очистных сооружениях безусловно требует больших капитальных затрат. В то же время официально признанный в Российской Федерации значительный масштаб физического износа существующих внутренних и наружных сетей канализации и оборудования на станциях очистки позволяет смотреть с оптимизмом на возможность принятия государственными институтами этого направления по модернизации систем канализации в поселениях.

Выводы. 1. Для получения возможности осуществлять моделирование процесса модернизации системы канализации поселения и определять перспективное направление развития технологий канализования, *систему канализации поселения* предлагается рассматривать как совокупность взаимосвязанных компонентов – *комплексов технологий*: сбора сточных вод; отведения (или транспортирования) сточных вод; очистки сточных вод и обработки осадков; утилизации компонентов сточных вод; захоронения компонентов сточных вод (в том числе сброс очищенных сточных вод в водные объекты).

2. Предложенная топологическая модель технической системы канализации поселения и ее функциональное описание позволяют выполнять анализ реальной системы канализации поселения и осуществлять процесс моделирования для решения задач модернизации и определения направления ее перспективного развития

с учетом множества внутренних и внешних факторов и связей с окружающим пространством знаний и комплексов технологий.

3. Предложенную топологическую модель технической системы канализации поселения рекомендуется использовать для анализа и обобщения информации об эволюции развития всего комплекса технологий канализования поселений и изучения взаимосвязанного их развития под влиянием конкретных запросов общественно-исторической практики и новых знаний в области фундаментальных и прикладных технических наук.

4. Прогноз о перспективном развитии системы канализации поселения в направлении постепенного перехода от централизованной к децентрализованной раздельной системе канализации для хозяйственных и фекальных сточных вод, за счет интенсивного поиска и внедрения модифицированных технологий разделения экскрементов и хозяйственных сточных вод с целью раздельной их обработки с утилизацией компонентов сточных вод, является логически обоснованным фактом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шувалов М.В. Диалектика совокупности теоретических, методологических и нормативных положений, применяемых для проектирования канализации поселений // Градостроительство и архитектура. 2018. Т. 8, № 2. С. 35–45. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.02.6.

2. Федеральная целевая программа «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012 – 2020 годах» (утв. постановлением Правительства РФ от 19 апреля 2012 г. № 350).

Об авторе:

ШУВАЛОВ Михаил Владимирович

кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения, директор АСА СамГТУ, Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел. (846)242-41-70
E-mail: ekos240@gmail.com

3. Положение о плане снижения сбросов загрязняющих веществ, иных веществ и микроорганизмов в поверхностные водные объекты, подземные водные объекты и на водосборные площади (утв. постановлением Правительства РФ от 15 апреля 2013 г. № 317).

4. ИТС 10–2015. Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов. М.: Бюро НДТ, 2015. 377 с.

SHUVALOV Mikhail V.

PhD in Engineering Science, Director of Academy of Architecture and Civil Engineering, Associate Professor of the Water Supply and Waste Water Chair Samara State Technical University Academy of Architecture and Civil Engineering 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194, tel. (846) 242-41-70
E-mail: ekos240@gmail.com

Для цитирования: Шувалов М.В. Топологическая модель структуры системы канализации поселения и ее функциональное описание // Градостроительство и архитектура. 2019. Т.9, №1. С. 64–70. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.01.11.

For citation: Shuvalov M.V. Structure topological model of sewage systems settlement and its functional description // Urban Construction and Architecture. 2019. V.9, 1. Pp. 64–70. DOI: 10.17673/Vestnik.2019.01.11.