

УДК 623.09

doi: 10.53816/23061456_2025_3-4_76

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ
ЗАТРАТ НА СТРОИТЕЛЬСТВО ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ СИСТЕМ
ВОДООТВЕДЕНИЯ**

**THE RESULTS OF RESEARCH ON THE PATTERNS OF CHANGES IN THE
COSTS OF CONSTRUCTION OF TRANSPORT FACILITIES OF WASTEWATER
DISPOSAL SYSTEMS**

Д-р экон. наук В.Б. Коновалов¹,

д-р техн. наук В.С. Игнатчик², канд. техн. наук М.А. Сеньюкович², А.Н. Ещенко²

D.Sc. V.B. Konovalov, D.Sc. V.S. Ignatchik, Ph.D. M.A. Senyukovich, A.N. Eshchenko

¹Штаб материально-технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации,

²Военный институт (инженерно-технический)

Военной академии материально-технического обеспечения им. А.В. Хрулева

Для обоснования оптимальных решений при проектировании систем водоотведения объектов военной инфраструктуры необходимо проводить укрупненную оценку стоимостей различных вариантов схемных решений. Поэтому в статье рассмотрены и проанализированы инвестиционные затраты на строительство транспортных сооружений систем отведения (сетей, канализационных насосных станций (КНС) и регулирующих резервуаров) и их зависимость от физических показателей (диаметров труб и их глубины заложения, мощности КНС, объемов регулирующих резервуаров). Установлено, что стоимость строительства сетей водоотведения может быть оценена функцией двух аргументов: диаметра трубы и её глубины заложения. При этом стоимости строительства канализационных насосных станций и резервуаров зависят соответственно только от гидравлической мощности и объема.

Ключевые слова: система водоотведения, система поверхностного стока, ливневая канализация, инвестиционные затраты на строительство систем водоотведения.

To substantiate optimal solutions in the design of wastewater disposal systems for military infrastructure facilities, it is necessary to conduct an integrated assessment of the costs of various circuit solutions. Therefore, the article considers and analyzes the investment costs for the construction of transport facilities for drainage systems (networks, sewage pumping stations (CPS) and regulating reservoirs) and their dependence on physical parameters (pipe diameters and their depth of laying, capacity of the CPS, volume of regulating reservoirs). It is established that the cost of building drainage networks can be estimated as a function of two arguments: the diameter of the pipe and its depth of laying. At the same time, the cost of building sewage pumping stations and reservoirs depends, respectively, only on hydraulic capacity and volume.

Keywords: drainage system, surface runoff system, storm sewer, investment costs for the construction of drainage systems.

Финансирование работы

Работа выполнена при поддержке Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева.

Введение

Системы водоотведения объектов военной инфраструктуры и урбанизированных территорий играют определяющую роль в обеспечении санитарного состояния мест пребывания людей и защиты водоемов от загрязнения сточными водами. Они включают в себя транспортные и очистные сооружения. Первые предназначены для сбора и транспортировки сточных вод на очистку. Вторые — для их очистки перед сбросом в водоемы. В соответствии с Водным кодексом¹ Российской Федерации все сточные воды, включая хозяйственно-бытовые, производственные и поверхностные, должны очищаться до нормативных требований. Для решения этой задачи в соответствии с СП 32.13330.2018² создаются следующие варианты систем водоотведения:

— общесплавные, когда все сточные воды — бытовые, производственные и дождевые — сплавляются по одной общей сети труб и каналов на очистные сооружения;

— раздельные, когда дождевые и условно чистые производственные воды отводят по одной сети труб и каналов, а бытовые и загрязненные производственные сточные воды — по другой, одной или несколькими сетями.

Результаты исследований предметной области [1–8] показывают, что в нашей стране исследования по оценке экономической эффективности различных вариантов схем систем водоотведения не проводилось. Исключение составляют исследования, выполненные в Ленинграде в 70-х годах прошлого столетия. Они были ограничены сравнительными показателями только по сетям полной раздельной и общесплавной систем канализации [9]. Эти результаты потеряли актуальность, так как:

— изменилось соотношение между стоимостями материалов, оборудования, электроэнергии и т.п.;

— изменились требования к степени очистки сточных вод.

Кроме того, актуальность данного вопроса повысилась в связи с:

— необходимостью проведения восстановительных работ на новых территориях Российской Федерации. Ввиду значительных объемов работ вопросы оптимизации систем водоотведения приобрели особую актуальность;

— изменением климата, сопровождающимся увеличением интенсивностей и частоты ливневых дождей [10–12]. В результате эксплуатируемые системы водоотведения работают в режимах, когда расходы отводимых сточных вод превышают расчетные.

В зарубежной практике работы по оценке экономической эффективности проводятся несколько десятилетий. Результаты свидетельствуют о необходимости исследовать целесообразность применения дополнительных вариантов систем водоотведения с использованием элементов так называемой «зеленой инфраструктуры», которые стали узнаваемым брендом [13–15].

В целом очевидно, что в Российской Федерации вопросы экономической эффективности применения различных вариантов систем водоотведения не исследованы, поэтому являются актуальными. Для решения данной проблемы в качестве первоочередных задач необходимо получить зависимости затрат на строительство транспортных и очистных сооружений систем водоотведения от их физических показателей. Настоящая статья посвящена решению задач для транспортных сооружений.

Программой методики исследований предусматривалось:

— оценка стоимостных показателей сметной стоимости строительства транспортных сооружений (сетей, канализационных насосных станций (КНС) и регулирующих резервуаров) от физических показателей (диаметров труб и

¹ «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 08.08.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2024).

² СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения (с Изменениями № 1, 2). М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2018. 84 с.

их глубины заложения, мощности КНС, объемов регулирующих резервуаров). В качестве исходных данных применялась информация, содержащаяся в укрупненных нормативах цены строительства (НЦС 81-02-14-2024) [16, 17] и фактические значения стоимостных показателей по реальным объектам, определяемым по состоявшимся закупкам на официальном сайте единой информационной системы в сфере закупок в информационно-телекоммуникационной сети Интернет в соответствии с Федеральными законами от 05.04.2013 № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд», от 18.07.2011 № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц», а также, данными Департамента строительства Министерства обороны Российской Федерации, федерального казенного предприятия «Управление заказчика капитального строительства Министерства обороны Российской Федерации» и публично-правовой компании «Военно-строительная компания»;

– нормализация стоимостных показателей сметной стоимости строительства, поскольку почти все собранные данные о затратах оказались не сопоставимы по времени. Она предусматривала корректировку затрат для того, чтобы отфильтровать колебания стоимости на протяжении многих лет, обусловленные ростом цен на

материалы, оборудование и заработную плату. В результате все стоимостные показатели приведены к ценам на 4-й квартал 2024 года.

Исследование зависимости затрат на строительство сетей водоотведения от их физических показателей

С применением полученных таким образом данных (см. табл.) определена зависимость вида $C_{\text{сети}} = f_1(H, D)$, описывающая величину сметной стоимости прокладки участка сетей водоотведения $C_{\text{сети}}$ от двух аргументов: диаметра трубы D (мм) и глубины заложения H (м).

В процессе математической обработки результатов исследования была выдвинута гипотеза о том, что зависимость изменения сметной стоимости прокладки участка сетей водоотведения $C_{\text{сети}}$ от диаметра трубы D и глубины заложения H может быть представлена в виде полинома второго порядка

$$C_{\text{сети}} = A_0 + A_1D + A_2H + A_3DH + A_4D^2 + A_5H^2,$$

где A_0 — свободный член, равный отклику системы на начальной стадии эксперимента $D = H = 0$;

A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 — коэффициенты регрессии, показывающие степень влияния соответствующих факторов и их совместное взаимодействие на выход процесса.

Таблица

Исходные данные для оценки сметной стоимости прокладки участков сетей водоотведения $C_{\text{сети}}$ в зависимости от диаметра трубы D и глубины заложения H

Номер эксперимента	Глубина заложения, *	Глубина заложения, м	Диаметр трубы, *	Диаметр трубы, мм	Сметная стоимость, тыс. руб.
1	+	6	—	200	188049,29
2	+	6	+	1000	219567,83
3	—	2	+	1000	52274,18
4	—	2	—	200	9795,53
5	0	4	—	200	113814,48
6	+	6	0	630	209992,05
7	0	4	+	1000	133671,52
8	—	2	0	630	42087,59
9	0	4	0	630	118507,62

* + — максимальное значение фактора;
— — минимальное значение фактора;
0 — среднее значение фактора.

Для нахождения $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$ решалась система линейных уравнений

$$\begin{cases} C_{\text{сети}} = A_0 + A_1 D + A_2 H + A_3 DH + A_4 D^2 + A_5 H^2; \\ HC_{\text{сети}} = A_0 H + A_1 DH + A_2 H^2 + A_3 DH^2 + A_4 HD^2 + A_5 H^3; \\ DC_{\text{сети}} = A_0 D + A_1 D^2 + A_2 HD + A_3 D^2 H + A_4 D^3 + A_5 DH^2; \\ HDC_{\text{сети}} = A_0 HD + A_1 HD^2 + A_2 H^2 D + A_3 D^2 H^2 + A_4 HD^3 + A_5 H^3 D; \\ H^2 C_{\text{сети}} = A_0 H^2 + A_1 DH^2 + A_2 H^3 + A_3 DH^3 + A_4 D^2 H^2 + A_5 H^4; \\ D^2 C_{\text{сети}} = A_0 D^2 + A_1 D^3 + A_2 H^2 D + A_3 D^3 H + A_4 D^3 + A_5 H^2 D^2. \end{cases} \quad (1)$$

Данная система уравнений представлялась в матричной форме $\mathbf{A} \cdot \mathbf{X} = \mathbf{B}$. Основная матрица $\mathbf{A}$ такой системы квадратная. Определитель этой матрицы

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 & D & H & DH & D^2 & H^2 \\ H & HD & H^2 & DH^2 & HD^2 & H^3 \\ D & D^2 & HD & D^2 H & D^3 & DH^2 \\ HD & HD^2 & H^2 D & D^2 H^2 & HD^3 & H^3 D \\ H^2 & DH^2 & H^3 & DH^3 & D^2 H^2 & H^4 \\ D^2 & D^3 & HD^2 & D^3 H & D^4 & H^2 D^2 \end{vmatrix}.$$

Так как определитель системы отличен от 0, система является невырожденной. Для решения системы (1) применена формула Крамера.

$$A_0 = \frac{\Delta_1}{\Delta}; A_1 = \frac{\Delta_2}{\Delta}; A_2 = \frac{\Delta_3}{\Delta}; A_3 = \frac{\Delta_4}{\Delta}; A_4 = \frac{\Delta_5}{\Delta}; A_5 = \frac{\Delta_6}{\Delta}.$$

Определитель Δ_1 получается из определителя Δ путем замены первого столбца коэффициентов столбцом из свободных членов.

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} C_{\text{сети}} & D & H & DH & D^2 & H^2 \\ HC_{\text{сети}} & HD & H^2 & DH^2 & HD^2 & H^3 \\ DC_{\text{сети}} & D^2 & HD & D^2 H & D^3 & DH^2 \\ HDC_{\text{сети}} & HD^2 & H^2 D & D^2 H^2 & HD^3 & H^3 D \\ H^2 C_{\text{сети}} & DH^2 & H^3 & DH^3 & D^2 H^2 & H^4 \\ D^2 C_{\text{сети}} & D^3 & HD^2 & D^3 H & D^4 & H^2 D^2 \end{vmatrix}. \quad (2)$$

Аналогично, найдены $\Delta_2, \Delta_3, \Delta_4, \Delta_5, \Delta_6$.

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 1 & C_{\text{сети}} & H & DH & D^2 & H^2 \\ H & HC_{\text{сети}} & H^2 & DH^2 & HD^2 & H^3 \\ D & DC_{\text{сети}} & HD & D^2 H & D^3 & DH^2 \\ HD & HDC_{\text{сети}} & H^2 D & D^2 H^2 & HD^3 & H^3 D \\ H^2 & H^2 C_{\text{сети}} & H^3 & DH^3 & D^2 H^2 & H^4 \\ D^2 & D^2 C_{\text{сети}} & HD^2 & D^3 H & D^4 & H^2 D^2 \end{vmatrix}. \quad (3)$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 1 & D & C_{\text{сети}} & DH & D^2 & H^2 \\ H & HD & HC_{\text{сети}} & DH^2 & HD^2 & H^3 \\ D & D^2 & DC_{\text{сети}} & D^2H & D^3 & DH^2 \\ HD & HD^2 & HDC_{\text{сети}} & D^2H^2 & HD^3 & H^3D \\ H^2 & DH^2 & H^2C_{\text{сети}} & DH^3 & D^2H^2 & H^4 \\ D^2 & D^3 & D^2C_{\text{сети}} & D^3H & D^4 & H^2D^2 \end{vmatrix}. \quad (4)$$

$$\Delta_4 = \begin{vmatrix} 1 & D & H & C_{\text{сети}} & D^2 & H^2 \\ H & HD & H^2 & HC_{\text{сети}} & HD^2 & H^3 \\ D & D^2 & HD & DC_{\text{сети}} & D^3 & DH^2 \\ HD & HD^2 & H^2D & HDC_{\text{сети}} & HD^3 & H^3D \\ H^2 & DH^2 & H^3 & H^2C_{\text{сети}} & D^2H^2 & H^4 \\ D^2 & D^3 & HD^2 & D^2C_{\text{сети}} & D^4 & H^2D^2 \end{vmatrix}. \quad (5)$$

$$\Delta_5 = \begin{vmatrix} 1 & D & H & DH & C_{\text{сети}} & H^2 \\ H & HD & H^2 & DH^2 & HC_{\text{сети}} & H^3 \\ D & D^2 & HD & D^2H & DC_{\text{сети}} & DH^2 \\ HD & HD^2 & H^2D & D^2H^2 & HDC_{\text{сети}} & H^3D \\ H^2 & DH^2 & H^3 & DH^3 & H^2C_{\text{сети}} & H^4 \\ D^2 & D^3 & HD^2 & D^3H & D^2C_{\text{сети}} & H^2D^2 \end{vmatrix}. \quad (6)$$

$$\Delta_6 = \begin{vmatrix} 1 & D & H & DH & D^2 & C_{\text{сети}} \\ H & HD & H^2 & DH^2 & HD^2 & HC_{\text{сети}} \\ D & D^2 & HD & D^2H & D^3 & DC_{\text{сети}} \\ HD & HD^2 & H^2D & D^2H^2 & HD^3 & HDC_{\text{сети}} \\ H^2 & DH^2 & H^3 & DH^3 & D^2H^2 & H^2C_{\text{сети}} \\ D^2 & D^3 & HD^2 & D^3H & D^4 & D^2C_{\text{сети}} \end{vmatrix}. \quad (7)$$

Подставляя экспериментальные данные из табл. в матрицы (2)–(7), находим значения коэффициентов регрессии:

$$\begin{aligned} A_0 &= 15882,49929; \\ A_1 &= 19240,92867; \\ A_2 &= 1,298397563; \\ A_3 &= 3,286789064; \\ A_4 &= 2544,219008; \\ A_5 &= 0,017071058. \end{aligned}$$

В общем виде зависимость $C_{\text{сети}}$ от D и H может быть представлена:

$$C_{\text{сети}} = -19789,80353 + 19240,92867D + 1,298397563H + 3,286789064DH + 2544,219008D^2 + 0,017071058H^2.$$

Закономерности изменения функции

$$C_{\text{сети}} = f_1(H, D)$$

в графическом виде приведены на рис. 1. Результаты сопоставления экспериментальных значений, приведенных в таблице, и расчетных показывают, что среднее квадратическое отклонение между ними составляет 7,3 %.

Исследование зависимости затрат на строительство канализационных насосных станций от их физических показателей

С применением полученных данных определена зависимость вида $C_{\text{кнс}} = f_2(P)$, описываю-

щая величину сметной стоимости строительства канализационных насосных станций $C_{\text{кнс}}$ от одного аргумента — гидравлической мощности (кВт) P . Она имеет следующий вид (рис. 2, 3):

$$C_{\text{кнс}} = \begin{cases} 0,1589 \cdot P^{0,1889} & \text{при } P \leq 101 \\ 0,0008 \cdot P + 0,3 & \text{при } P > 101 \end{cases}$$

Здесь гидравлическая мощность P определялась по формуле

$$P = Q \cdot H \cdot 0,0027,$$

где Q — расчетная подача КНС, м³/ч;
 H — развиваемый напор, м.в.с.

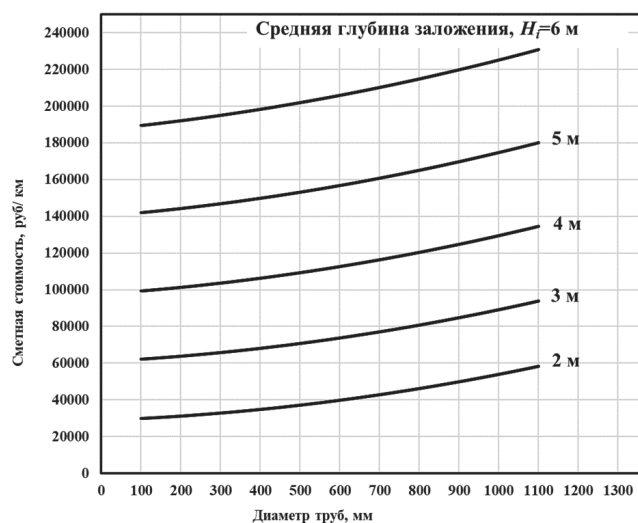


Рис. 1. Значение сметной стоимости прокладки участка сетей водоотведения при различных значениях диаметра трубы в зависимости от глубины заложения

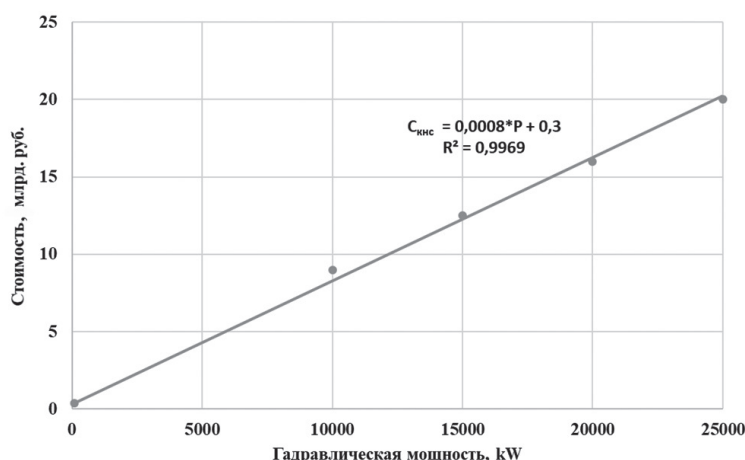


Рис. 2. Значение сметной стоимости строительства канализационных насосных станций в зависимости от гидравлической мощности

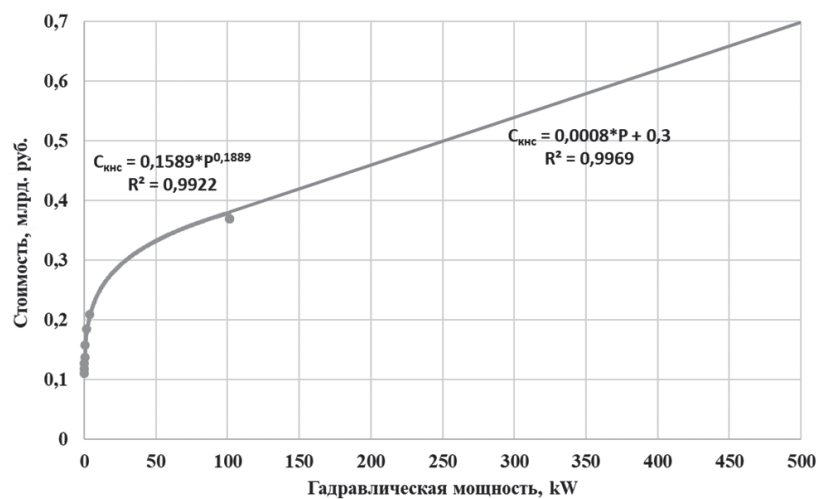


Рис. 3. Значение сметной стоимости строительства канализационных насосных станций в зависимости от гидравлической мощности

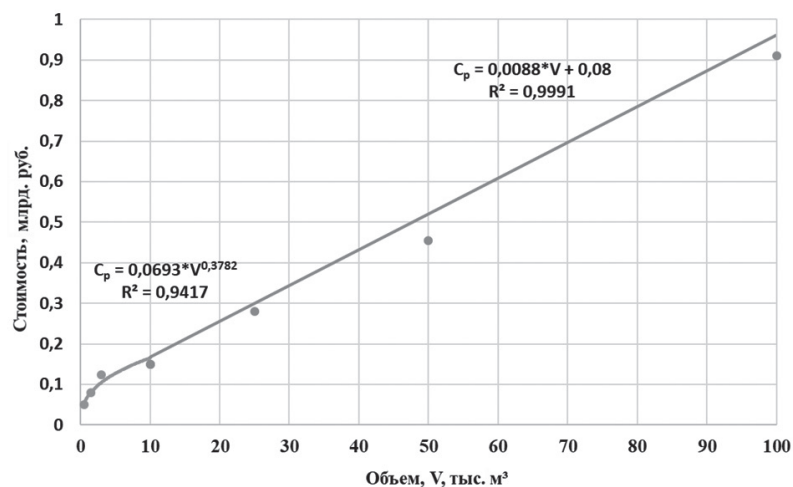


Рис. 4. Значение сметной стоимости строительства регулирующих резервуаров в зависимости от объема

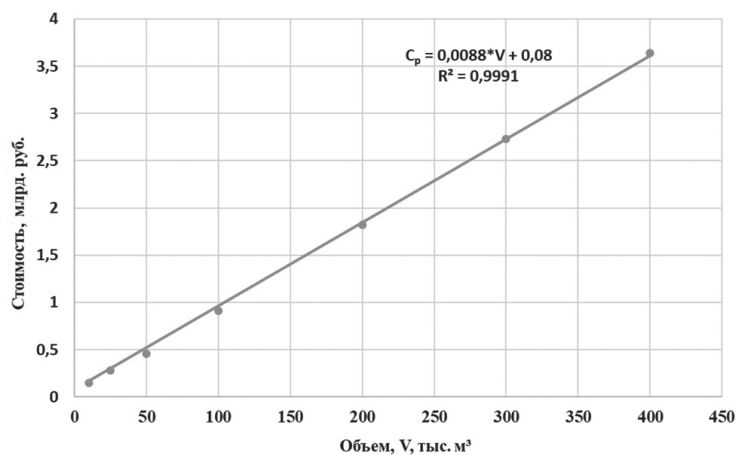


Рис. 5. Значение сметной стоимости строительства регулирующих резервуаров в зависимости от объема

Исследование зависимости затрат на строительство регулирующих резервуаров от их физических показателей

С применением полученных данных определена зависимость вида $C_p = f_3(V)$, описывающая величину сметной стоимости строительства регулирующих резервуаров C_p от одного аргумента — объема (m^3) V . Она имеет следующий вид (рис. 4, 5):

$$C_p = \begin{cases} 0,0693 \cdot V^{0,3782} & \text{при } V \leq 10001 \\ 0,0088 \cdot V + 0,08 & \text{при } V > 10001 \end{cases}$$

Выводы

1. Получены зависимости затрат на строительство транспортных сооружений систем водоотведения от их физических показателей:

- сетей водоотведения от двух аргументов: диаметра трубы и глубины заложения;
- канализационных насосных станций от одного аргумента — гидравлической мощности;
- регулирующих резервуаров от одного аргумента — объема.

2. Полученные зависимости затрат на строительство транспортных сооружений систем водоотведения от их физических показателей позволяют обосновывать экономически эффективные решения по применению различных вариантов схем систем водоотведения.

Список источников

1. Горбачев П.Ф. Методы расчета ливневого стока. М.: Изд-во «Власть Советов» при Президиуме ВЦИК, 1937. 167 с.
2. Зак Г.Л. Гидравлические основы расчета канализационных сетей. М.–Л.: Главная редакция строительной литературы, 1935. 173 с.
3. Белов Н.Н. Расчет дождевой канализационной сети. М.: Изд-во НКВД, 1931. 64 с.
4. Надысев В.С. Расчет дождевой и общесплавной канализации по методу «критических приливных площадей». Л.: Госводоканалпроект, 1949. 95 с.
5. Молоков М.В., Шигорин Г.Г. Дождевая и общесплавная канализация. М.: Изд-во Минва коммунального хозяйства РСФСР, 1954. 241 с.

6. Швецов Е.Д. Наружные водостоки. М.–Л.: Госстройиздат, 1934. 130 с.

7. Курганов А.М. Таблицы параметров предельной интенсивности дождя для определения расходов в системах водоотведения: справочное пособие. М.: Стройиздат, 1984. 111 с.

8. Алексеев М.И., Курганов А.М. Организация отведения поверхностного (дождевого и талого) стока с урбанизированных территорий: учеб. пособие. М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2000. 352 с.

9. Шигорин Г.Г., Ясман Л.М., Лысс М.Ш., Знаменский В.А. Проектирование и строительство канализации (опыт Ленинграда). Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1970. 120 с.

10. Игнатчик В.С., Игнатчик С.Ю., Кузнецова Н.В., Феськова А.Я. Влияние изменений климата на гидравлические режимы систем отведения поверхностного стока // Вода и экология: проблемы и решения. 2020. № 4 (84). С. 50–57.

11. Волков С.Н., Житенев А.И., Рублевская О.Н. и др. Особенности оценки расчетных интенсивностей дождей с учетом экстремальных ливней // Водоснабжение и санитарная техника. 2021. № 7. С. 50–55.

12. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Научные технологии, 2022. 124 с.

13. Grand-Clement M. Challenges in Planning for Sustainable Stormwater Management in French Cities — A Case Study of the Grand Lyon: Master's Thesis / M. Grand-Clement. Gothenburg, Sweden: Chalmers University of Technology, 2016. 114 p.

14. Bennion H., Battarbee R. The European Union water framework directive: Opportunities for palaeolimnology // J. Paleolimnol. 2007. Vol. 38. Pp. 285–295.

15. Stahre P. Sustainability in Urban Storm Drainage: Planning and Examples. Stockholm, Sweden: Svenskt Vatten, 2006. 64 p.

16. Укрупненные нормативы цены строительства (НЦС 81-02-14-2024): утв. приказом Минстроя России от 16 февраля 2024 года № 113/пр «Об утверждении укрупненных нормативов цены строительства». Сб. № 14. Наружные сети водоснабжения и канализации. 96 с.

17. Укрупненные нормативы цены строительства (НЦС 81-02-14-2024): утв. приказом Минстроя России от 16 февраля 2024 года

№ 113/пр «Об утверждении укрупненных нормативов цены строительства». Сб. № 19. Здания и сооружения городской инфраструктуры.

References

1. Gorbachev P.F. Methods for Calculating Stormwater Runoff. Moscow: Publishing House «Vlast Sovetov» at the Presidium of the All-Russian Central Executive Committee, 1937. 167 p.
2. Zak G.L. Hydraulic Fundamentals of Sewer Network Design. Moscow-Leningrad: Main Editorial Office of Construction Literature, 1935. 173 p.
3. Belov N.N. Calculation of Storm Sewer Networks. Moscow: NKVD Publishing, 1931. 64 p.
4. Nadyshchev V.S. Calculation of Storm and Combined Sewer Systems Using the «Critical Tidal Areas» Method. Leningrad: Gosvodokanalproekt, 1949. 95 p.
5. Molokov M.V., Shigorin G.G. Storm and Combined Sewer Systems. Moscow: Publishing House of the Ministry of Communal Services of the RSFSR, 1954. 241 p.
6. Shvetsov E.D. External Drainage Systems. Moscow-Leningrad: Gosstroyizdat, 1934. 130 p.
7. Kurganov A.M. Tables of Parameters for Maximum Rainfall Intensity for Determining Discharges in Drainage Systems: Reference Guide. Moscow: Stroyizdat, 1984. 111 p.
8. Alekseev M.I., Kurganov A.M. Organization of Surface (Rain and Meltwater) Runoff from Urbanized Areas: Textbook. Moscow: ASV Publishing House; St. Petersburg: SPbGASU, 2000. 352 p.
9. Shigorin G.G., Yasman L.M., Lys M.Sh., Znamensky V.A. Design and Construction of Sewer Systems (Experience of Leningrad). Leningrad: Stroyizdat, Leningrad Branch, 1970. 120 p.
10. Ignatchik V.S., Ignatchik S.Yu., Kuznetsova N.V., Feskova A.Ya. The Impact of Climate Change on Hydraulic Regimes of Surface Runoff Drainage Systems // Water and Ecology: Problems and Solutions. 2020. No 4 (84). Pp. 50–57.
11. Volkov S.N., Zhitenyov A.I., Rublevskaya O.N. et al. Features of Estimating Design Rainfall Intensities Taking into Account Extreme Rainfall Events // Water Supply and Sanitary Engineering. 2021. No 7. Pp. 50–55.
12. Third Assessment Report on Climate Change and Its Consequences in the Russian Federation. General Summary. St. Petersburg: Naukoemkie Tekhnologii, 2022. 124 p.
13. Grand-Clement M. Challenges in Planning for Sustainable Stormwater Management in French Cities — A Case Study of the Grand Lyon: Master's Thesis. Gothenburg, Sweden: Chalmers University of Technology, 2016.
14. Bennion H., Battarbee R. The European Union Water Framework Directive: Opportunities for Palaeolimnology // J. Paleolimnol. 2007. Vol 38. Pp. 285–295.
15. Stahre P. Sustainability in Urban Storm Drainage: Planning and Examples. Stockholm, Sweden: Svenskt Vatten, 2006.
16. Aggregated Construction Cost Standards (NCS 81–02–14–2024): Approved by Order of the Ministry of Construction of Russia No. 113/pr dated February 16, 2024 «On Approval of Aggregated Construction Cost Standards». Collection No 14. External Water Supply and Sewer Networks.
17. Aggregated Construction Cost Standards (NCS 81–02–14–2024): Approved by Order of the Ministry of Construction of Russia No. 113/pr dated February 16, 2024 «On Approval of Aggregated Construction Cost Standards». Collection No 19. Buildings and Structures of Urban Infrastructure.