

ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ОБЪЕМОВ СБРОСОВ СТОЧНЫХ ВОД ЧЕРЕЗ ЛИВНЕСПУСКИ ОБЩЕСПЛАВНЫХ СИСТЕМ ВОДООТВЕДЕНИЯ

Игнатчик В. С., Игнатчик С. Ю., Кузнецова Н. В., Спиваков М. А.

PROBABILISTIC AND STATISTICAL METHOD FOR ESTIMATING THE VOLUME OF WASTE WATER DISCHARGES THROUGH STORM WATER OUTLETS OF COMBINED SEWERAGE SYSTEMS

Ignatchik V. S., Ignatchik S. Yu., Kuznetsova N. V., Spivakov M. A.

Аннотация

Расходы сточных вод, отводимые общесплавными системами водоотведения, характеризуются высокой неравномерностью и носят случайный характер, вызванный случайным характером выпадения дождей и интенсивности таяния снега. По этой причине нельзя исключить ситуации, когда в периоды интенсивных и сверхрасчетных дождей будет происходить сброс смеси неочищенных городских (бытовых и производственных) и поверхностных сточных вод через ливнеспуски. Однако в соответствии с законодательными и нормативными документами такие явления для общесплавных систем водоотведения недопустимы. Первым направлением снижения сбросов является внедрение узлов регулирования стока, предназначенных для переброски сточных вод между бассейнами канализования при возникновении аварийных ситуаций или превышении в одном из них фактического притока сточных вод, например, при выпадении сверхрасчетных дождей, над их фактической производительностью. Вторым направлением является внедрение виртуальных регулирующих емкостей, объем которых равен свободному объему тоннельных канализационных коллекторов. Третье направление связано с увеличением фактической производительности главных насосных станций, обеспечивающих откачку воды из системы водоотведения. Однако действующие методы расчета общесплавных систем водоотведения не позволяют учитывать влияние каждого из этих факторов на объемы сбросов сточных вод через ливнеспуски. Поэтому возникла необходимость в разработке такой методики. **Цель исследования:** совершенствование методов расчета общесплавных систем водоотведения, направленное на снижение сбросов неочищенных сточных вод в окружающую среду через ливнеспуски. **Результаты:** разработан вероятностно-статистический метод определения объемов сбросов сточных вод через ливнеспуски общесплавных систем водоотведения в зависимости от подачи ГНС, расположенной в данном бассейне, его суммарного объема фиктивных (виртуальных) регулирующих емкостей и расчетной подачи межбассейнового узла регулирования стоков. **Практическая значимость:** полученный результат позволит при корректировке генеральных схем водоотведения обосновывать решения с минимальным уровнем воздействия на окружающую среду. **Ключевые слова:** общесплавные системы водоотведения, узлы регулирования, КНС, производительность, вероятностно-статистические методы, нестационарный случайный поток.

Abstract

Wastewater disposed by combined sewerage systems are characterized by high irregularity and random character caused by the random nature of rainfall and intensity of snow melting. Therefore, it is impossible to prevent situations when, during intense and over-estimated rainfall, a mixture of untreated urban (domestic and industrial) wastewater and surface runoff will be discharged through storm water outlets. However, according to legislative and regulatory documents, such conditions are unacceptable for combined sewerage systems. The first direction in reducing discharges is introduction of flow control units designed for transfer of wastewater between sewage catch basins in the event of emergencies or in case when the actual wastewater flow in one of them exceeds their available capacity, e.g. during over-estimated rainfall. The second direction is introduction of "virtual" regulatory tanks, the volume of which is equal to the free volume of tunnel sewage collectors. The third direction is associated with an increase in the actual capacity of the main pumping stations, which ensure pumping of water from the drainage system. However, the existing methods for design of combined sewerage systems do not allow accounting for the influence of each of those factors on the volume of wastewater discharged through storm water outlets. Therefore, it is necessary to develop such method. The purpose of the study is to improve methods to design combined sewerage systems with the aim to reduce discharges of untreated wastewater to the environment through storm water outlets. As a result, a probabilistic and statistical method is developed to determine the volume of wastewater discharged through storm water outlets of combined sewerage systems depending on the capacity of the main pumping station located in the sewage catch basin, total capacity of its "virtual" regulatory tanks and designed capacity of inter-basin flow control units. Practical significance of the study lies in providing grounds for decisions with the minimum impact on the environment upon adjustment of master plans for water disposal.

Keywords: combined sewerage system, flow control units, sewage pumping station, capacity, probabilistic and statistical methods, non-stationary random flow.

Введение

Условия эксплуатации транспортных сооружений общесплавных систем водоотведения, к которым принято относить канализационные насосные станции (КНС) и сети [3, 7, 8, 16], по сравнению с системами отведения поверхностного стока имеют незначительные отличия, заключающиеся в том, что ими дополнительно осуществляется транспортировка хозяйственно-бытового стока, по максимальному расходу в условиях городской среды составляющего до 10 % от общесплавного. В то же время основная часть эксплуатируемых систем водоотведения поверхностного стока запроектирована в соответствии с положениями СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения» и «Рекомендаций по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий и площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты» [2, 4, 6, 8, 14, 15, 16]. Указанными документами допускается (для селитебных территорий и площадок предприятий, близких к ним по загрязненности) отведение на очистку наиболее загрязненной части поверхностного стока в количестве не менее 70 % его годового объема со сбросом остальной части стоков при выпадении интенсивных (ливневых) дождей редкой повторяемости через разделительные камеры (ливнесбросы) в водный объект. При этом общесплавные системы канализации, допускающие сброс смеси неочищенных городских (бытовых и производственных) и поверхностных сточных вод через ливнеспуски во время интенсивных дождей, к проектированию не рекомендуются как не обеспечивающие санитарную и экологическую безопасность водных объектов [1].

Возникает вопрос об экономической и экологической целесообразности такого требования, поскольку оно приводит к увеличению стоимости строительства систем водоотведения. В условиях ограниченного финансирования это означает, что на отдельных объектах будет заложена избыточная сметная стоимость, а на некоторые инвестиции просто не хватит и по этой причине суммарное воздействие на окружающую среду может оказаться значительно выше по сравнению с вариантом, когда был бы сформулирован экономически и экологически целесообразный

объем допустимых сбросов через ливнеспуски [12, 13, 17, 18].

Однако до настоящего времени методики по обоснованию оптимального допустимого сброса неочищенных сточных вод в водоемы через ливнеспуски с учетом требований к охране окружающей среды не разработаны. Отсутствуют практические рекомендации по учету конструктивных особенностей общесплавных систем водоотведения (наличие регулирующих объемов тоннельных коллекторов, резервуаров, межбассейновых узлов регулирования и т. п.). Таким образом, возникло противоречие между требованиями природоохранных органов по запрещению сбросов сточных вод через ливнеспуски общесплавных систем водоотведения и принципиальной невозможностью его выполнения, так как поверхностный сток, сбрасываемый через ливнеспуски, исключить нельзя ввиду случайного характера выпадения сверхрасчетных дождей. Решение этой проблемы возможно путем оптимизации сбросов сточных вод по критерию экономической эффективности с учетом требований по экологической безопасности при предварительном решении следующих задач:

- разработки методик прогнозирования суммарного среднего годового объема сброса через ливнеспуски;

- разработка методик прогнозирования среднегодовых концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, сбрасываемых через ливнеспуски в зависимости от места их установки в системе водоотведения.

Настоящая статья посвящена решению первой задачи.

Методы и материалы

В настоящей статье приведены основные положения методики прогнозирования суммарного среднего годового объема сброса через ливнеспуски с применением вероятностно-статистических методов на примере системы водоотведения Санкт-Петербурга в зависимости от максимальных производительностей главных насосных станций, узлов регулирования стока, перебрасывающих стоки между бассейнами водоотведения, и объемов регулирующих емкостей. При ее разработке сделаны следующие допущения:

1. Расходы сточных вод, поступающие из общесплавных систем водоотведения, включая правобережный и левобережный бассейны водоотведения Санкт-Петербурга, носят случайный характер ввиду случайного характера выпадения осадков [4, 5].

2. Фактические максимальные подачи главной насосной станции правобережного бассейна водоотведения (ГНС ССА) и главной насосной станции левобережного бассейна водоотведения (ГНС ЦСА) носят случайный характер ввиду случайного характера потока отказов и восстановлений [5, 10, 11].

3. Выпадение осадков на территории Санкт-Петербурга осуществляется неравномерно [7].

4. Характеристики нестационарных случайных потоков (НСП) сточных вод от правобережного и левобережного общесплавных бассейнов водоотведения имеют корреляционную зависимость [9, 10].

Результаты исследования и обсуждение

При принятых допущениях процесс изменения во времени сбросов сточных вод через ливнепуски моделировался с применением вероятностно-статистических методов в три этапа.

На первом этапе осуществлялась разработка методики генерирования НСП расходов сточных вод, поступающих из правобережного общесплавного бассейна водоотведения [5].

На втором этапе осуществлялась разработка методики генерирования НСП расходов сточных вод, поступающих из левобережного общесплавного бассейна водоотведения с учетом корреляционной зависимости с расходами правобережного бассейна [10].

На третьем этапе осуществлено генерирование случайных процессов, происходящих в системе, представленной на рис. 1, в течение ста лет. Для этого разработана имитационная модель, реализованная методом статистических испытаний. Ее отличительной особенностью является включение в состав бассейнов водоотведения фиктивных (виртуальных) регулирующих емкостей, объем которых равен свободному объему тоннельных канализационных коллекторов.

При этом на каждом шаге генерирования случайный объем сброса через ливнепуски, например, для правобережного общесплавного бассейна водоотведения определялся из условия:

$$q_{лс1,2}(t_j) = \left(v_{1,2}(t_j) + \Delta t \left(\begin{matrix} q_{1,1}(t_j) + w_{1,2}(t_j) - \\ -Q_3(t_j) - Q_1(t_j) \end{matrix} \right) - v_{1,2}^{\max} \right) / \Delta t, \quad (1)$$

при

$$v_{1,2}^{\max} \leq v_{1,2}(t_j) + \Delta t \left(q_{1,1}(t_j) + w_{1,2}(t_j) - Q_3(t_j) - Q_1(t_j) \right). \quad (2)$$

С применением разработанной вероятностно-статистической модели реализован трёхфакторный эксперимент, целью которого являлось установление количественной зависимости объема годового сброса сточных вод через ливнепуски правобережного общесплавного бассейна водоотведения от следующих факторов:

- подачи Q_1 ГНС ССА, расположенной в данном бассейне;

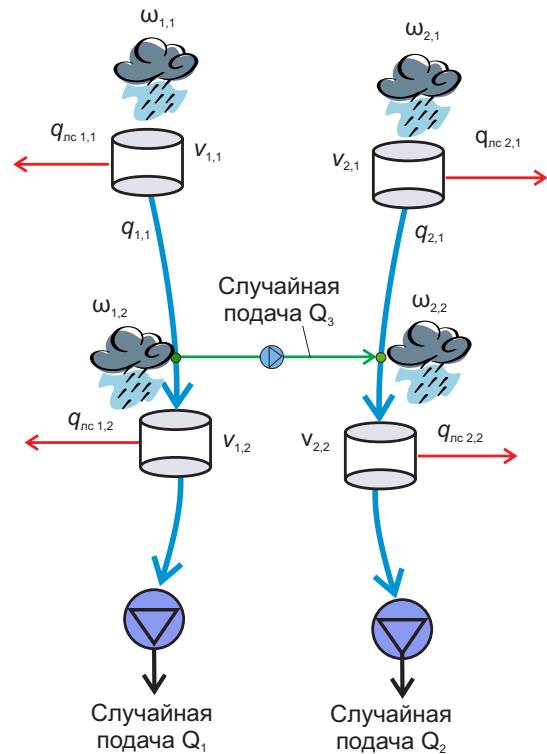


Рис. 1. Расчетная схема для оценки сбросов сточных вод через ливнепуски: Q_1, Q_2 — случайные величины подачи ГНС ССА и ГНС ЦСА; Q_3 — случайная требуемая подача КНС б; $q_{лс1,i}, q_{лс2,i}$ — случайные сбросы левобережного и правобережного бассейнов водоотведения; $V_{1,1}, V_{1,2}$ — объемы фиктивных (виртуальных) регулирующих емкостей правобережного бассейна водоотведения; $V_{2,1}, V_{2,2}$ — то же левобережного бассейна водоотведения; $\omega_{1,1}, \omega_{1,2}$ — объемы притока сточных вод правобережного бассейна водоотведения; $\omega_{2,1}, \omega_{2,2}$ — то же левобережного бассейна водоотведения

План и результаты трехфакторного эксперимента

№ п/п	Уровни факторов		a	b
	$\sum_{i=1}^n v_{1,i}$	Q_1		
1	–	–	49217	–1,94
2	–	0	464572,7049	–2,48
3	–	+	594337,8421	2,55
4	0	–	6020170,262	–3,18
5	0	0	9566765,536	–3,31
6	0	+	11788453,71	–3,38
7	+	–	22457280,55	–3,58
8	+	0	25409496,27	–3,63
9	+	+	28571932,91	–3,68

– суммарного объема $\sum_{i=1}^n v_{1,i}$ фиктивных (виртуальных) регулирующих емкостей правобережного бассейна водоотведения, $i = 1, \dots, n$;

– расчетной подачи Q_3 КНС 6, осуществляющей роль межбассейнового узла регулирования.

План организации трехфакторного эксперимента, уровни варьирования его факторов и результаты обработки приведены в таблице.

В качестве реализации результатов трехфакторного эксперимента на рис. 2 в графическом виде представлено, как изменяется годовой объем сброса через ливнеспуски в зависимости от Q_1 ГНС ССА при различных сочетаниях уровней варьирования других факторов. Из него видно, что искомый суммарный объем $\sum_{i=1}^n v_{1,i}$ годового сброса может быть описан степенной зависимостью

$$\sum_{i=1}^n v_{1,i} = a \cdot Q_1^b, \quad (3)$$

где a и b — эмпирические коэффициенты, определенные по формуле Крамера. Результаты оценки эмпирических коэффициентов a и b приведены на рис. 3, 4 и в таблице.

В результате получена эмпирическая зависимость для оценки годовых объемов сбросов через ливнеспуски правобережного общесплавного бассейна водоотведения в зависимости от подачи Q_1 ГНС ССА, расположенной в данном бассейне, его суммарного объема $\sum_{i=1}^n v_{1,i}$ фиктивных (виртуальных) регулирующих емкостей, $I = 1, \dots, n$, и

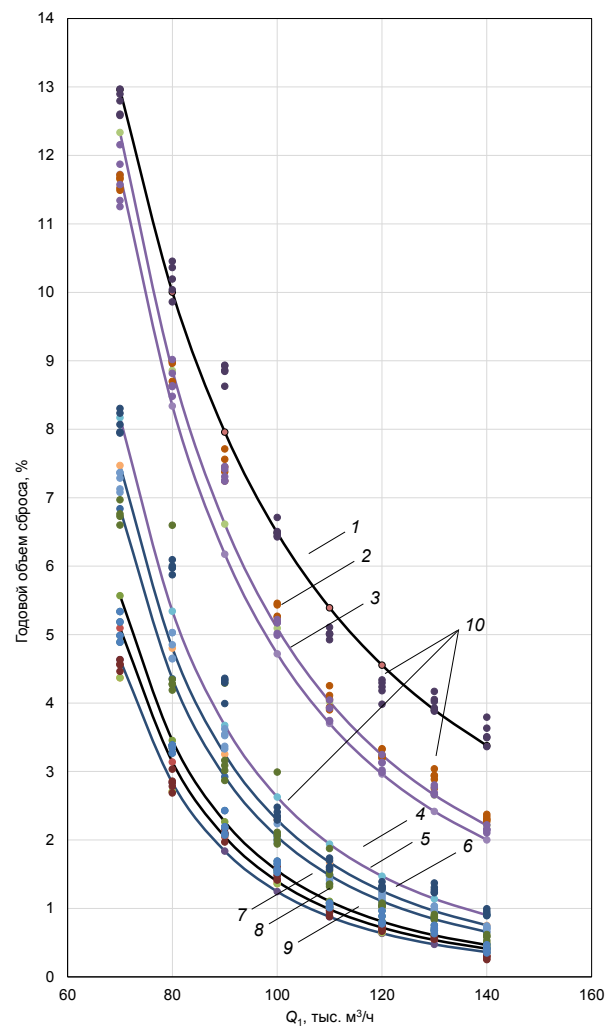


Рис. 2. Результаты трехфакторного эксперимента: 1–9 — теоретические зависимости, соответствующие номерам в таблице; 10 — экспериментальные значения

расчетной подачи Q_3 КНС 6, осуществляющей роль межбассейнового узла регулирования.

Для иллюстрации на рис. 5 полученная зависимость представлена в графическом виде при фиксированном значении $Q_3 = 15$ тыс. м³/ч. На рис. 5 $V_{\text{пер}}$ равен суммарному объему $\sum_{i=1}^n v_{1,i}$ фиктивных (виртуальных) регулирующих емкостей. Полученный результат позволит при корректировке генеральной схемы водоотведения обосновывать решения с минимальным уровнем воздействия на окружающую среду.

Заключение

1. Расходы сточных вод, поступающие из правобережного и левобережного общесплавных

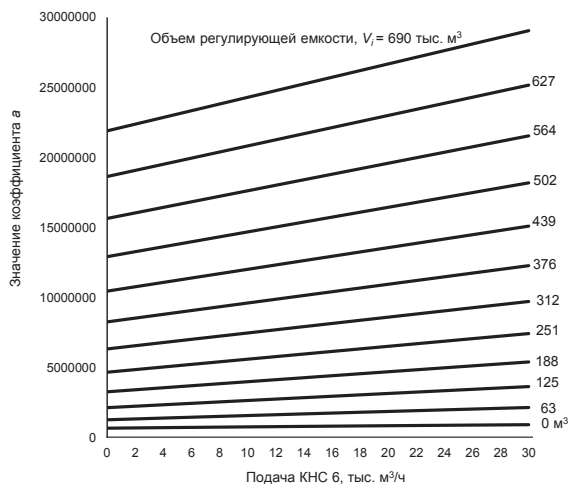


Рис. 3. Теоретическое значение коэффициента *a*

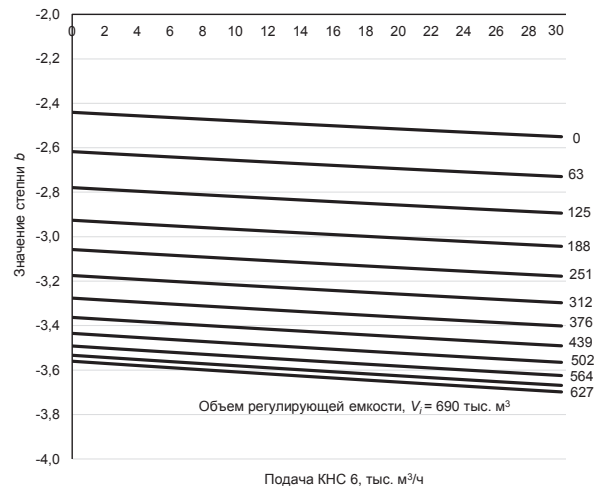


Рис. 4. Теоретическое значение коэффициента *b*

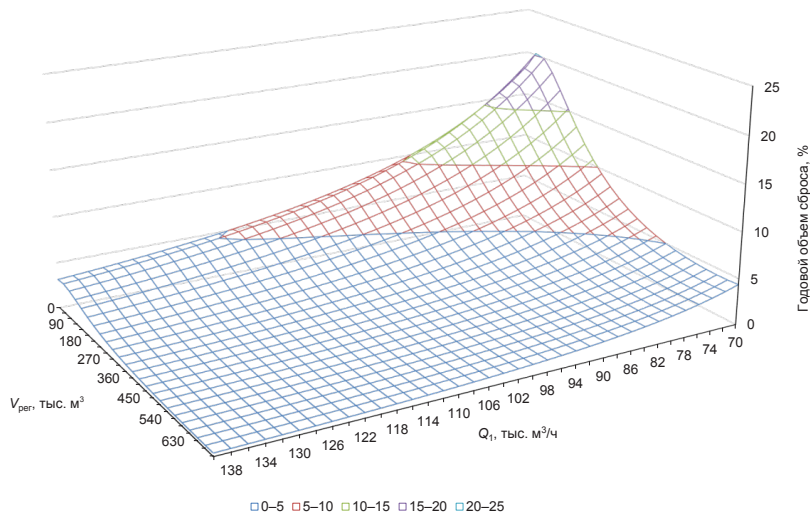


Рис. 5. Теоретическое значение объемов сбросов

бассейнов водоотведения и фактические максимальные подачи главных насосных станций (ССА и ЦСА) носят случайный характер.

2. Разработан вероятностно-статистический метод определения объемов сбросов сточных вод через ливнеспуски общесплавных систем водоотведения.

3. Установлено, что объем сбросов сточных вод через ливнеспуски общесплавных систем водоотведения зависит от подачи ГНС, расположенной в данном бассейне, его суммарного объема фиктивных (виртуальных) регулирующих емкостей и расчетной подачи межбассейнового узла регулирования стоков, предназначенного

для переброски сточных вод между бассейнами водоотведения.

Литература

1. Верещагина, Л. М. и Швецов, В. Н. (2016). Разъяснение отдельных положений Рекомендаций по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий и площадок предприятий. Водоснабжение и санитарная техника, № 1. сс. 50–58.
2. Госстрой СССР (1986). СНиП 2.04.03–85. Канализация. Наружные сети и сооружения. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 85 с.
3. Гринёв, А. П., Игнатчик, В. С., Ивановский, В. С., Игнатчик, С. Ю. и Кузнецова, Н. В. (2015). Результаты экспериментального исследования неравномерностей поступления сточных вод. Труды Военно-космической академии им. А. Ф. Можайского, № 649, сс. 153–158.

4. Ивановский, В. С., Гринёв, А. П., Игнатчик, В. С., Игнатчик, С. Ю. и Кузнецова, Н. В. (2015). Методика оценки риска и объемов аварийных сбросов сточных вод в окружающую среду. Труды Военно-космической академии им. А. Ф. Можайского, № 649, сс. 167–174.

5. Ивановский, В. С., Кузнецова, Н. В., Пенкина, Н. Н. и Спиваков, М. А. (2018). Методика генерирования случайных процессов изменения расходов сточных вод общесплавных систем водоотведения. Труды Военно-космической академии им. А. Ф. Можайского, № 660, сс. 197–203.

6. Игнатчик, С. Ю. и Кузнецов, П. Н. (2017). Методы оценки и пути снижения сбросов сточных вод в окружающую среду. Часть 1. Методы оценки и пути снижения сбросов сточных вод при засорениях или авариях на участках водоотводящих сетей. Вода и экология: проблемы и решения, № 1 (69), сс. 13–23. doi: 10.23968/2305-3488.2017.19.1.13-23.

7. Игнатчик, В. С., Саркисов, С. В. и Обвинцев, В. А. (2017). Исследование коэффициентов часовой неравномерности водопотребления. Вода и экология: проблемы и решения, № 2 (70), сс. 27–39. doi: 10.23968/2305-3488.2017.20.2.27-39.

8. Игнатчик, В. С., Седых, Н. А. и Гринев, А. П. (2017). Экспериментальное исследование неравномерности притока сточных вод. Военный инженер, № 4, сс. 22–28.

9. Игнатчик, С. Ю. и Феськова, А. Я. (2017). Исследование закономерностей выпадения дождей в Санкт-Петербурге. Научно-исследовательский отчет по НИР. СПб: СПбГАСУ, 44 с.

10. Кармазинов, Ф. В., Житенев, А. И., Шунто, И. П., Кузьмин, В. А., Спиваков, М. А., Пулин, О. В., Игнатчик, В. С., Игнатчик, С. Ю. и Кузнецова, Н. В. (2018). Применение вероятностно-статистических методов при определении требуемой производительности узлов регулирования общесплавных систем водоотведения. Водоснабжение и санитарная техника, № 11, сс. 4–11.

11. Кармазинов, Ф. В., Игнатчик, С. Ю., Кузнецова, Н. В., Кузнецов, П. Н. и Феськова, А. Я. (2018). Методы оценки расходов поверхностного стока. Вода и экология: проблемы и решения, № 2 (74), сс. 17–24. doi: 10.23968/2305-3488.2018.20.2.17-24.

12. Кармазинов, Ф. В., Панкова, Г. А., Пробирский, М. Д., Михайлов, Д. М., Игнатчик, В. С., Игнатчик, С. Ю. и Кузнецова, Н. В. (2017). Способ вероятностной оценки подачи насосной станции. Патент № 2620133.

13. Мельник, Е. А., Пробирский, М. Д., Ильин, Ю. А., Игнатчик, В. С. и Игнатчик, С. Ю. (2011). Влияние износа вертикальных насосов на надежность, безопасность и энергопотребление канализационных насосных станций. Водоснабжение и санитарная техника, № 4, сс. 10–18.

14. НИИ ВОДГЕО (2014). Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с сельских территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты. М.: Росстрой РФ, 89 с.

15. ООО «РОСЭКОСТРОЙ», ОАО «НИЦ Строительство» (2012). Свод правил СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. М.: Министерство регионального развития Российской Федерации, 85 с.

16. Президент Российской Федерации (2011). Федеральный закон от 07.12.2011 г. № 416-ФЗ «О водоснабжении и водоотведении». М.: Российская газета, сс. 1–4.

17. Черников, Н. А. (2013). Комментарии к новым нормативным документам в области водоотведения. В: Международная научно-техническая интернет-конференция в Харьковской национальной академии городского хозяйства (ХНАГХ) «Ресурсосбережение и энергоэффективность инженерной инфраструктуры урбанизированных территорий». Харьков, сс. 184–191.

18. Черников, Н. А., Иванов, В. Г. и Дюба, К. М. (2012). Используя все рычаги. Решение проблем охраны водных объектов в России возможно только при условии реализации комплексной долгосрочной программы. Вода Magazine. Журнал для профессионалов водного рынка, № 8 (60), сс. 42–46.

References

1. Vereshchagina, L. M. and Shvetsov, V. N. (2016). Razyasneniye otdelnykh polozheniy Rekomendatsiy po raschetu sistem sbora, otvedeniya i ochestki poverkhnostnogo stoka s selitebnykh territoriy i ploshchadok predpriyatiy [Explanation of separate provisions of the Recommendations for designing the systems of the surface runoff from residential areas and industrial sites collection, disposal and treatment]. *Water Supply and Sanitary Technique*, No. 1, pp. 50–58 (in Russian).

2. Gosstroy of the USSR (1986). SNiP 2.04.03–85. *Kanalizatsiya. Naruzhnye seti i sooruzheniya [Public sewer systems and facilities]*. Moscow: Central Institute of Standard Designing, Gosstroy of the USSR, 85 p (in Russian).

3. Grinev, A. P., Ignatchik, V. S., Ivanovsky, V. S., Ignatchik, S. Yu. and Kuznetsova, N. V. (2015). Rezultaty eksperimentalnogo issledovaniya neravnomernostey postupleniya stochnykh vod [Results of experimental studies of sewage water irregular inflow]. *Proceedings of the Mozhaisky Military Space Academy*, No. 649, pp. 153–158 (in Russian).

4. Ivanovsky, V. S., Grinev, A. P., Ignatchik, V. S., Ignatchik, S. Yu. and Kuznetsova, N. V. (2015). Metodika otsenki riska i obyemov avariynykh sbrosov stochnykh vod v okruzhayushchuyu sredy [A method of estimating the risk and volume of emergency wastewater discharges into the environment]. *Proceedings of the Mozhaisky Military Space Academy*, № 649, pp. 167–174 (in Russian).

5. Ivanovsky, V. S., Kuznetsova, N. V., Penkina, N. N. and Spivakov, M. A. (2018). Metodika generirovaniya sluchaynykh protsessov izmeneniya raskhodov stochnykh vod obshchespлавnykh sistem vodootvedeniya [A method of generating random processes of change in wastewater discharge of combined sewerage systems]. *Proceedings of the Mozhaisky Military Space Academy*, № 660, pp. 197–203 (in Russian).

6. Ignatchik, C. Y. and Kuznetsov, P. N. (2017). Metody otsenki i puti snizheniya sbrosov stochnykh vod v okruzhayushchuyu sredy. Chast 1. Metody otsenki i puti snizheniya sbrosov stochnykh vod pri zasoreniyakh ili avariyyakh na uchastkakh vodootvodyashchikh setey [Estimating methods and ways of reducing waste water decrease in the environment. Part 1. Assessment methods and ways of reducing wastewater discharges when clogging or accidents at drainage network sites]. *Water and Ecology*, No. 1 (69), pp. 13–23. doi: 10.23968/2305-3488.2017.19.1.13-23 (in Russian).

7. Ignatchik, V. S., Sarkisov, S. V. and Obvintsev, V. A. (2017). Issledovaniye koeffitsientov chasovoy neravnomernosti vodopotrebleniya [Research of water consumption hour inequality

coefficients]. *Water and Ecology*, No. 2 (70), pp. 27–39. doi: 10.23968/2305-3488.2017.20.2.27–39 (in Russian).

8. Ignatchik, V. S., Sedih, N. A. and Grinev, A. P. (2017). Eksperimentalnoye issledovaniye neravnomernosti pritoka stochnykh vod [Experimental study of imperfect periodicity of sewage water]. *Military Engineer*, No. 4 (6), pp. 22–28 (in Russian).

9. Ignatchik, S. Yu. and Feskova, A. Ya. (2017). *Issledovaniye zakonmernostey vypadeniya dozhdey v Sankt-Peterburge. Nauchno-issledovatel'skiy otchet po NIR [Studying rainfall patterns in Saint Petersburg. Report on research project]*. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, 44 p (in Russian).

10. Karmazinov, F. V., Zhitenev, A. I., Shunto, I. P., Kuz'min, V. A., Spivakov, M. A., Pulin, O. V., Ignatchik, V. S., Ignatchik, S. Yu. and Kuznetsova, N. V. (2018). Primeneniye veroyatnostno-statisticheskikh metodov pri opredelenii trebuyemoy proizvoditelnosti uzlov regulirovaniya obshchesplavnykh sistem vodootvedeniya [The use of stochastic methods in determining the required capacity of regulating units in combined sewers]. *Water Supply and Sanitary Technique*, No. 11, pp. 4–11 (in Russian).

11. Karmazinov, F. V., Ignatchik, S. Yu., Kuznetsova, N. V., Kuznetsov, P. N. and Fes'kova, A. Ya. (2018). Metody otsenki raskhodov poverkhnostnogo stoka [Methods for calculating the surface run-off]. *Water and Ecology*, No. 2 (74), pp. 17–24. doi: 10.23968/2305–3488.2018.20.2.17–24 (in Russian).

12. Karmazinov, F. V., Pankova, G. A., Probirsky, M. D., Mikhaylov, D. M., Ignatchik, V. S., Ignatchik, S. Yu. and Kuznetsova, N. V. (2017). *Sposob veroyatnostnoy otsenki podachi nasosnoy stantsii [Method of probabilistic assessment of pumping station supplying]*. Patent No. 2620133. (in Russian).

13. Melnik, E. A., Probirski, M. D., Il'in Iu. A., Ignatchik, V. S. and Ignatchik, S. Iu. (2011). Vliyaniye iznosa vertikalnykh nasosov na nadezhnost, bezopasnost i energopotrebleniye kanalizatsionnykh nasosnykh stantsiy [Influence of tear-and-wear of vertical pumps on reliability, safety and power consumption of sewerage pumping stations]. *Water Supply and Sanitary Technique*, No. 4. pp. 10–18 (in Russian).

14. NII VODGEO (2014). *Rekomendatsii po raschetu sistem sbora, otvedeniya i ochestki poverkhnostnogo stoka s selitebnykh territoriy, ploshchadok predpriyatiy i opredeleniyu usloviy vypuska ego v vodnyye obyekty [Recommendations for designing the systems of the surface runoff from residential areas and industrial sites collection, disposal and treatment, as well as defining conditions for its discharge in water bodies]*. Moscow: Rosstroy of the Russian Federation, 89 p. (in Russian).

15. ООО «ROSEKOSTROY», ОАО «NITs Stroitelstvo» (2012). *Svod pravil SP 32.13330.2012. Kanalizatsiya. Naruzhnye seti i sooruzheniya [Set of Rules SP 32.13330.2012. Sewerage. Pipelines and wastewater treatment plants]*. Moscow: Ministry or Regional Development of the Russian Federation, 85 p. (in Russian).

16. President of the Russian Federation (2011). *Federalny zakon ot 07.12.2011 g. № 416-FZ “O vodosnabzhenii i vodootvedenii” [Federal Law No. 416-FZ “On Water Supply and Wastewater Disposal” dated 07.12.2011]*. Moscow: Rossiyskaya Gazeta, pp. 1–4 (in Russian).

17. Chernikov, N. A. (2013). Kommentarii k novym normativnym dokumentam v oblasti vodootvedeniya [Comments on new regulatory documents in the field of wastewater disposal]. In: *Mezhdunarodnaya nauchno-tehnicheskaya internet-konferentsiya v Kharkovskoy natsionalnoy akademii gorodskogo khozyaystva (KhNAGKh) “Resursosberezeniye i energoeffektivnost inzhenernoy infrastruktury urbanizirovannykh territoriy” [International Scientific and Practical Online-Conference, Kharkiv National Academy of Urban Economy, “Resource Saving and Energy Efficiency of Engineering Infrastructure in Urbanized Areas”]*. Kharkiv, pp. 184–191 (in Russian).

18. Chernikov, N. A., Ivanov, V. G. and Dyuba, K. M. (2012). Ispolzuya vse ryuchagi. Resheniye problem okhrany vodnykh obyektov v Rossii vozmozhno tolko pri uslovii realizatsii kompleksnoy dolgosrochnoy programmy [Using all levers. Solving problems related to protection of water bodies in Russia is possible only under a long-term comprehensive program]. *Voda Magazine. Zhurnal dlya professionalov vodnogo rynka*, No. 8 (60), pp. 42–46 (in Russian).

Авторы

Игнатчик Виктор Сергеевич, д-р техн. наук, профессор Военная академия материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: ign73@yandex.ru

Игнатчик Светлана Юрьевна, д-р техн. наук, профессор Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: Ignatchik_CY@yandex.ru

Кузнецова Наталья Викторовна, канд. техн. наук ООО «АВиВ», Санкт-Петербург, Россия
E-mail: natalyakuznetsova.aviv@yandex.ru

Спиваков Михаил Александрович
ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга», Санкт-Петербург, Россия
E-mail: spivakov_ma@vodokanal.spb.ru

Authors

Ignatchik Victor Sergeyevich, Dr. of Engineering, Professor Military Academy of Material and Technical Support named after General of the Army A. V. Khrulev, Department of Life Support Systems of Military Infrastructure Objects of Military (engineering and technical) institute, St. Petersburg, Russia
E-mail: ign73@yandex.ru.

Ignatchik Svetlana Yurievna, Dr. of Engineering, Professor Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, St. Petersburg, Russia
E-mail: Ignatchik_CY@yandex.ru

Kuznetsova Natalya Victorovna
Ltd. AW&W, St. Petersburg, Russia
E-mail: natalyakuznetsova.aviv@yandex.ru

Spivakov Mikhail Aleksandrovich, Ph. D. in Engineering SUE «Vodokanal of St. Petersburg», St. Petersburg, Russia
E-mail: spivakov_ma@vodokanal.spb.ru