

УДК 628.3.0

С. А. Морозов, Д. А. Бутко

Донской государственный технический университет

РАСЧЕТ СВЕРХМАЛЫХ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПО МЕТОДИКЕ НИИ ВОДГЕО/САМГТУ, СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ С ПРОЕКТНЫМ РАСЧЕТОМ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Произведено исследование и корректировка режима работы станции биологической очистки «КСкомплект-100СК» сверхмалой производительности, выполнен мониторинг эксплуатационных параметров работы, проведены лабораторные исследования качества очистки сточных вод на всех этапах технологического процесса. Выявлена критическая нагрузка на станцию очистки сточных вод по гидравлическим параметрам и загрязняющим веществам, приводящая к ненормативному качеству очистки сточных вод. Выполнен расчет очистных сооружений по моделям НИИ ВОДГЕО/СамГТУ, СНиП 2.04.03—85 (утратил силу) и сравнение с эксплуатационными характеристиками.

К л ю ч е в ы е с л о в а: канализационные очистные сооружения, математический расчет очистки сточных вод, биологическая очистка, модель НИИ ВОДГЕО/СамГТУ, эксплуатационные характеристики технологического режима.

Материалы и методы

На сегодняшний день проблема ненормативного качества очистки хозяйственно-бытовых сточных вод является крайне актуальной [1], в т. ч. для большого количества малых и сверхмалых канализационных очистных сооружений (КОС) северного исполнения вахтовых объектов. Ввиду относительно малых объемов образующихся сточных вод со стороны эксплуатирующих компаний не обеспечивается надлежащий инженерно-технологический контроль за сооружениями, а также упускается из виду такой вопрос как нагрузка на очистные сооружения. Одним из факторов возникновения данной проблемы является некорректный расчет очистных сооружений.

В статье приводятся результаты исследований режима работы и эксплуатационных параметров действующей станции биологической очистки хозяйственно-бытовых сточных вод «КСкомплект-100СК» (рис.) по теоретической модели НИИ ВОДГЕО/СамГТУ [2], как одной из наиболее часто применяемой и дающей максимально точные результаты при расчете. Для сравнения приводится расчет по СНиП 2.04.03—85¹ (далее — СНиП), использованный при проектировании станции. Данная станция отнесена к сверхмалым по классификации, данной в приложении 1 Постановления Правительства РФ от 15 сентября 2020 г. № 1430², т. к. ее расчетная и подтвержденная максимальная производительность составляет всего 30 м³/сут в отличие от заявленной в 110 м³/сут.

¹ СНиП 2.04.03—85. Канализация. Наружные сети и сооружения. URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200017?ysclid=lx8rlgskw3407975255>.

² Об утверждении технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов. Постановление Правительства РФ от 15.09.2020 N 1430. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565798086>.

Актуальность исследования обусловлена отсутствием общедоступных расчетов малых и сверхмалых очистных сооружений хозяйственно-бытовых сточных вод от объектов с высокой неравномерностью, как по расходам, так и по концентрациям.

Целью исследования является выявление эффективности очистки действующей станции КОС, получение данных для составления технических заданий на аналогичные по производительности и условиям эксплуатации очистные сооружения, оснований для проведения модернизации, согласования допустимой гидравлической нагрузки и загрязняющим веществам [3, 4].

Станция «КСкомплект-100СК» разработана по техническому заданию 2008 г. (произведена в 2011 г.) и предназначена для очистки сточных вод до требований, предъявляемых к поверхностным водам рыбохозяйственного значения. Станция состоит из модульных блоков и включает в себя следующее технологическое и емкостное оборудование: блоки механической и биологической очистки, блок накопления и обработки осадка, установки обеззараживания и реагентного удаления фосфора фосфатов [5]. Следует отметить, что в цепочке технологического оборудования отсутствует установка дозирования подщелачивающего раствора и не предусмотрен денитрификатор.

В соответствии с проектными данными (табл. 1), предоставленными производителем, и со ссылкой на расчеты по нормам СНиП технологическая схема, реализованная на очистных сооружениях должна обеспечивать очистку поступающего стока в соответствии с табл. 1 при среднесуточном расходе 100 м^3 , максимальной нагрузке 110 м^3 и среднечасовом расходе $4,17...4,5 \text{ м}^3$.

В период с 23.07 по 23.09.2023 г. на станции проводились исследования, которые включали в себя изменение режима работы станции с использованием насосного, дозирующего оборудования, запорной арматуры. Выполнена настройка равномерной подачи сточных вод на станцию в оптимальном режиме $4,5 \text{ м}^3/\text{час}$, при максимальном накоплении и распределении во времени поступающих сточных вод от потребителей. В результате в период с 05:00 до 02:00 последующего дня осуществлялась подача сточных вод при постоянном расходе, с 02:00 до 05:00 подающий из усреднительной емкости погружной насос выключался в автоматическом режиме.

Коагулянт «Аква-Аурат 30», предусмотренный для реагентного способа удаления фосфора, в период исследований не применялся по причине его



Станция биологической очистки
хозяйственно-бытовых сточных вод
«КСкомплект-100СК»

отсутствия. Поэтому расчетная доза фосфора общего в очищенной воде принята в размере 1 мг/дм³ как минимальная при биологическом удалении³.

Таблица 1

Проектные показатели качества очистки сточных вод

Наименование загрязняющих веществ	Ед. изм.	Неочищенные сточные воды	Очищенные сточные воды
Взвешенные вещества	мг/дм ³	260	3
БПК _{полн}	мгО ₂ /дм ³	300	3
Азот аммонийный	мг/дм ³	32	0,4
Азот нитратный	мг/дм ³	—	9,1
Фосфор фосфатов	мг/дм ³	4,3	0,065
СПАВ	мг/дм ³	10	—
Температура	°С	16	16
рН	ед.	—	—

Проведена регулировка запорной арматуры подающих трубопроводов на аэраторы, обеспечено значение растворенного кислорода в аэротенке не менее 2 мг/дм³ [6]. Текущее проведение химических анализов по перечню предусмотренных показателей в соответствии с режимной картой осуществлялось в производственной лаборатории, за исключением показателей ХПК, БПК_{полн}, ПАВ. Контрольные измерения в начале и в конце эксперимента выполнялись аккредитованной лабораторией в г. Красноярске. По мере окончания эксперимента получено максимально возможное качество очистки, результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели качества поступающих и очищенных сточных вод на 23.09.23

Наименование показателя	Ед. изм.	Неочищенная сточная вода	Сточная вода после очистки	Требования к биологически очищенной воде
БПК _{полн}	мгО ₂ /дм ³	370	108	3
ХПК	мгО/дм ³	720	210	15
Взвешенные вещества	мг/дм ³	335	46	5,25
Азот аммонийный	мг/дм ³	51,4	13,5	0,4
Азот нитритов	мг/дм ³	0	3,4	0,024
Азот нитратов	мг/дм ³	2,3	44,5	9,04
Фосфор фосфатов	мг/дм ³	5,18	4,05	1
Водородный показатель	ед.	7,6	6,8	6,5...8,5

Исходные данные, используемые для расчетов, получены измерением рабочих уровней в резервуарах, замерами расходов жидкостей от насосного оборудования, проведением лабораторных исследований показателей качества очистки сточных вод:

³ СП 32.13330.2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. М. : Минстрой России, 2019. 76 с.

- максимальный суточный расход — 108 м^3 ;
- среднесуточный расход — $94,5 \text{ м}^3$;
- максимальный часовой расход — $4,5 \text{ м}^3$;
- рециркуляционный расход насосом Н2.1 — $2,6 \text{ м}^3/\text{час}$;
- рециркуляционный расход эрлифтом — $0,64 \text{ м}^3/\text{час}$;
- объем усреднительной емкости — 40 м^3 ;
- объем первичного отстойника — $9,1 \text{ м}^3$;
- объем аэротенка — $17,6 \text{ м}^3$;
- глубина аэротенка $2,385 \text{ м}$;
- площадь вторичного отстойника — $3,69 \text{ м}^2$;
- доза активного ила в аэротенке — $2,46 \text{ г/л}$;
- иловый индекс — 106 мл/г ;
- минимальная температура иловой смеси в зимний период — $+20 \text{ }^\circ\text{C}$;
- среднемесячная температура иловой смеси в летний период — $+25 \text{ }^\circ\text{C}$;
- концентрация растворенного кислорода в аэробной зоне не менее —

$+ 2 \text{ мг/л}$.

Характеристика расчета по методике НИИ ВОДГЕО/СамГТУ

Константы и коэффициенты, принятые на основании [2]:

- коэффициент прироста ила K_g — $0,3 \text{ г сухого вещества на } 1 \text{ г окисленного БПК}_{\text{полн}}$;
- содержание азота в активном иле — 80 мг/г ;
- константа потребления ацетата в анаэробной зоне при 20°C k_p — $1500 \text{ г ХПК}/(\text{м}^3\text{сут})$;
- константа насыщения по ацетату $K_{\text{Нас}}$ — 3 мг/л ;
- ХПК легко окисляемых органических веществ (ацетата) на выходе из анаэробной зоны $S_{\text{Нас.анаэр}}$ — 6 ;
- температурная константа накопления ацетата в анаэробной зоне $\chi_{\text{Нас}}$ — $0,03 \text{ град}^{-1}$;
- общий максимальный коэффициент неравномерности $k_{\text{общ. макс}}$ — $1,14$;
- содержание азота в активном иле $N_{\text{ан}}$ — $0,08 \text{ мг/мг}$;
- стехиометрический коэффициент $K_{\text{БПК}}/N_{\text{ден}}$ — удельный расход БПК_{полн} на восстановление азота нитратов $3,43 \text{ г БПК}/(\text{г N})$;
- температурная константа χ , град^{-1} — $0,09$;
- максимальная скорость роста нитрификаторов $\mu_{\text{мах. нитр}}$ — $0,7 \text{ сут}^{-1}$;
- константа насыщения по азоту аммонийному $K_{\text{амм}}$ — $0,35 \text{ (мг N)}/\text{дм}^3$;
- константа распада $b_{\text{нитр}}$ — $0,04 \text{ сут}^{-1}$;
- растворимость кислорода C_t в воде в зависимости от температуры и атмосферного давления, принятая по справочным данным при $25 \text{ }^\circ\text{C}$ — $8,3 \text{ мг/л}$;
- среднемесячная температура иловой смеси T_w в летний период — 25°C ;
- удельный расход кислорода q_0 — $1,1 \text{ мг/мг снятой БПК}_{\text{полн}}$;
- удельный расход кислорода на нитрификацию $q_{0\text{нитр}}$ — $4,57 \text{ мг/мг окисленного азота аммонийного до нитрата}$;
- коэффициент K_1 , учитывающий тип аэратора и принимаемый для мелкопузырчатой аэрации в зависимости от соотношения площадей — $2,3$;
- коэффициент K_2 , при глубине погружения аэраторов $h_a = 2,2 \text{ м}$ — $1,6$;
- коэффициент K_3 качества воды, принимаемый для городских сточных вод — $0,85$;

- минимальная интенсивность аэрации при J_{amin} при $h_a = 2,2$ м — $7 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{ч}$;
- концентрация активного ила в аэротенке принята $3,5 \text{ г/л}$;
- зольность — $0,25$;
- иловый индекс — 120 мг/л .

Расчеты, изначально заложенные в СНиП, много раз подтверждены, научно доказана методика расчета аэротенков, основывающаяся на базовых уравнениях ферментативной кинетики и материальном балансе участвующих в процессе биологической очистки веществ. На момент разработки нормативного документа методик расчета процессов нитрификации, денитрификации и удаления фосфора еще не существовало.

Многочисленные исследования НИИ ВОДГЕО и кафедры водоснабжения и водоотведения Самарского государственного технического университета, выполненные на лабораторных и экспериментальных установках на различных по составу сточных водах, а также обследования действующих сооружений с проведением глубокого анализа полученных результатов дали возможность разработать методику расчета аэротенков с удалением биогенных элементов и дополнить методику, заложенную в СНиП, формулами и данными для расчета и усовершенствования работы аэротенков. Расчет сооружений биологической очистки основан на принципе описания процессов окисления органического вещества, биологического удаления фосфора, нитрификации — денитрификации в анаэробных, аноксидных и аэробных условиях с помощью уравнений ферментативной кинетики и уравнений материального баланса, обеспечивающих заданную степень очистки сточной воды по всем основным компонентам [7].

На основании уравнения массового баланса по количеству израсходованного легкоокисляемого вещества, с учетом скорости процесса и требуемого количества вещества для удаления фосфора, получен необходимый объем анаэробной зоны.

Количество израсходованного БПК_{полн} на денитрификацию определяется на основании материального баланса и дает возможность получить величину продолжительности денитрификации и соответственно объема аноксидной зоны [8].

Процесс денитрификации заключается в окислении органических загрязнений активным илом, где вместо растворенного кислорода воздуха потребляется кислород нитратов иловой смеси [9]. Поэтому для расчета скорости денитрификации применяется формула бисубстратной ферментативной реакции окисления органических веществ кислородом нитратов, полученная из выражения (49) СНиП⁴.

Длительность пребывания иловой смеси с поступившей сточной водой в аэробной зоне аэротенка рассчитывается как на удаление БПК_{полн}, нитрификацию, так и на удаление загрязнений, оказывающих токсическое действие, таких как нефтепродукты, фенолы и СПАВ (при их наличии). Продолжительность аэробного процесса и соответственно объем аэробной зоны определяются по наибольшему времени, необходимому для удаления загрязнений

⁴ СНиП 2.04.03—85. Канализация. Наружные сети и сооружения.
URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200017?ysclid=lx8rlgskw3407975255>.

с самым длительным временем обработки. После чего уточняется концентрация остальных веществ в очищенной воде.

По полученному результату определяется минимальный возраст активного ила и, т. к. значение расчетного возраста активного ила больше, то пересчитывать объем аэробной зоны не требуется.

Значения кинетических констант и коэффициентов можно определить опытным путем на лабораторных установках по данным, полученным при эксплуатации аналогичных объектов с близкими по составу сточными водами (табл. 3).

Таблица 3

Значения кинетических констант и коэффициентов

Наименование	Ед. изм.	Окисление органических веществ	Нитрификация
Максимальная скорость окисления, $\rho_{\max}$	мг/(гч)	20,6	3,39
Константа Михаэлиса, K_m	мг/л	7	0,35
Константа торможения, α	—	—	55
Коэффициент ингибирования продуктами метаболизма, φ	л/г	0,07	0,07
Температурная константа, χ	град ⁻¹	0,09	0,096
Кислородная константа, K_0	мг/л	0,625	0,625
Удельный расход БПК на удаление фосфора, $K_{\text{БПК/Р}}$	мг/мг	15	—

Результаты расчета по методике НИИ ВОДГЕО/СамГТУ представлены в табл. 4.

Таблица 4

Характеристики процесса очистки, рассчитанные по методике НИИ ВОДГЕО/СамГТУ

Наименование определяемого показателя	Ед. изм.	Значение
Максимальный часовой расход, $K_{\text{ч, max}}$	м ³ /час	4,5
Продолжительность анаэробного процесса, $T_{\text{анаэроб}}$	ч	2,01
Общая степень рециркуляции между зонами нитрификации и денитрификации, $R_{\text{общ}}$	—	3,66
Рециркуляция возвратного ила из вторичного отстойника, R_i	—	0,72
Нитратный рецикл из конца нитрификатора в денитрификатор, $R_{\text{нитр}}$	—	2,94
Продолжительность денитрификации, $T_{\text{ден}}$	ч	3,46
Продолжительность нитрификации, $T_{\text{нитр}}$	ч	11,19
Расчетная продолжительность окисления органических веществ в аэробной зоне (нитрификаторе), $T_{\text{БПК}}$	ч	14,03
Суммарная продолжительность обработки, $T_{\text{общ}}$	ч	19,5
Объем анаэробной зоны, $W_{\text{анаэроб}}$	м ³	9,03

Окончание табл. 4

Наименование определяемого показателя	Ед. изм.	Значение
Объем аноксидной зоны, $W_{\text{анокс}}$	м³	15,55
Объем аэробной зоны, $W_{\text{аэроб}}$	м³	63,12
Суммарный объем аэротенка, $W_{\text{общ}}$	м³	87,7
Общий рециркуляционный расход, $Q_{\text{общ}}$	—	16,49
Доза коагулянта «Аква-Аурат 30» по Al_2O_3 для реагентного удаления фосфора с 1 до 0,05 мг/дм³	мг/дм³	4,65

Характеристика расчета по СНиП 2.04.03—85

Константы и коэффициенты, применяемые при расчете в СНиП, приняты равными для методики НИИ ВОДГЕО/СамГТУ.

В соответствии с п. 6.141 СНиП⁵ регенератор активного ила следует закладывать в расчет при БПК_{полн} поступающей в аэротенки сточной воды более 150 мгО₂/дм³. Так как исследуемые очистные сооружения имеют конструкцию «первичный отстойник — аэротенк — вторичный отстойник», которую можно модернизировать путем замены функций первичного отстойника денитрификатором, производился расчет как по методике «аэротенк-вытеснитель без регенератора», так и по методике «аэротенк-вытеснитель с регенератором».

Результаты расчетов по методикам СНиП для «аэротенк-вытеснитель без регенератора» и «аэротенк-вытеснитель с регенератором» представлены в табл. 5.

Таблица 5

*Характеристики процесса очистки,
рассчитанные по методике СНиП 2.04.03—85*

Наименование показателя	Ед. изм.	Значение
Аэротенк-вытеснитель без регенератора		
Степень рециркуляции активного ила, R_i		0,72
Период аэрации в аэротенках-вытеснителях, $t_{\text{аэ}}$	ч	18
Объем аэротенка-вытеснителя с учетом рециркуляционного расхода, $W_{\text{ат}}$	м³	105,23
Аэротенк-вытеснитель с регенератором		
Степень рециркуляции активного ила, R_i		0,72
Продолжительность обработки воды в аэротенке, $t_{\text{ат}}$	ч	2,48
Продолжительность регенерации, t_r	ч	94,05
Продолжительность пребывания в системе аэротенк — регенератор, t	ч	72,39
Объем аэротенка с учетом рециркуляционного расхода, $W_{\text{ат}}$	м³	19,25
Вместимость регенераторов, W_r	м³	306,49

В таблице 6 для сравнения приведены результаты расчетов и фактические рабочие параметры очистных сооружений.

⁵ СНиП 2.04.03—85. Канализация. Наружные сети и сооружения. С. 43.
URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200017?ysclid=lx8rlgskw3407975255>.

Т а б л и ц а 6

Расчетные и эксплуатационные параметры «КСкомплект-100СК»

Параметры очистных сооружений	Ед. изм.	Фактические рабочие характеристики	По действующим расходам			По проектным загрязнения м (табл. 1)
			НИИ ВОДГЕО /СамГТУ	СНиП, АТ+Р*	СНиП, АТ—Р**	СНиП, АТ—Р, коэф. и конст., 1985 г.
Максимальный суточный расход	м³	108	108	108	108	108
Среднесуточный расход	м³	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5
Анаэробный рецикл	доли ед.	не предусмотрен	1	—	—	—
Рецикл возвратного ила из вторичного отстойника	доли ед.	4,1	0,72	0,72	0,72	0,72
Нитратный рецикл	доли ед.	не предусмотрен	2,94	—	—	—
Объем анаэробной зоны	м³	—	9	—	—	—
Объем аноксидной зоны	м³	—	15,5	—	—	—
Объем аэробной зоны	м³	17,6	63	105	19 + 306**	21,7
Аэробный возраст активного ила	сут	—	18,58	—	—	—
Общий возраст активного ила	сут	—	25,81	—	—	—
Расход воздуха	м³/ч	235	52	88	88	88
Доза реагента по Al ₂ O ₃ для удаления фосфора	мг/дм ₃	—	4,89	—	—	—
Количество избыточного активного ила по сухому веществу	кг/сут	—	13,25	40,9	40,9	8,75

Примечание: АТ+Р* — аэротенк-вытеснитель с регенератором; АТ—Р** — аэротенк-вытеснитель без регенератора; *** — объем регенератора

Обсуждение результатов

В соответствии с имеющимися данными о расходе сточных вод можно сказать, что на сегодняшний день станция работает в соответствии с заложенной при проектировании гидравлической нагрузкой, но на основании расчетов максимальная допустимая производительность станции — $30 \text{ м}^3/\text{сут}$ [10].

Превышения нормативных значений в поступающих сточных водах наблюдаются по всем загрязнителям в пределах 20...60 % (см. табл. 3). В конструкции очистных сооружений не предусмотрен денитрификатор, это приводит к высокому содержанию нитратов в очищенной воде даже при частично протекающей нитрификации [11].

Технологической схемой не предусмотрена установка дозирования подщелачивающего раствора, из-за чего дозирование раствора кальцинированной соды производилось вручную.

В соответствии с п. 9.2.5.7⁶ для достижения расчетного значения концентрации фосфора фосфатов менее 1 мг/л с использованием солей алюминия требуется предусмотреть соотношение 1,3 кг алюминия на 1 кг осаждаемого фосфора, следовательно, для уменьшения концентрации фосфора с 1 до $0,05 \text{ мг/дм}^3$ надо использовать $4,65 \text{ мг/дм}^3 \text{ Al}_2\text{O}_3$ и на каждый последующий 1 мг фосфора — $4,89 \text{ мг Al}_2\text{O}_3$ или $16,3 \text{ мг}$ товарного «Аква-Аурат 30».

При расчете по СНиП со стандартными табличными константами и коэффициентами получен объем аэротенка, близкий к проектному — 20 м^3 ($4,1 \times 1,8 \times 2,7 \text{ м}$). Фактический рабочий объем аэротенка — $17,6 \text{ м}^3$ при высоте уровня 2,385 м. Таким образом, подтверждается заявление, приведенное в проектной документации, о том, что расчет станции «КСкомплект-100СК» выполнен по СНиП. Результаты, полученные по расчетам НИИ ВОДГЕО/СамГТУ и СНиП при актуальных коэффициентах и константах, свидетельствуют о сильно заниженном проектном объеме аэротенка, что подтверждено мониторингом режима работы станции и результатами химических анализов.

Отсутствие избыточного активного ила можно объяснить постоянным его выносом из вторичного отстойника, что свидетельствует о непрерывном процессе наращивания биомассы (см. табл. 3) [12, 13].

Выводы

1. Произведены расчеты очистных сооружений по методикам НИИ ВОДГЕО/СамГТУ и СНиП. Обосновано утверждение в проектной документации о расчете «КСкомплект-100СК» по СНиП. Установлено, что в формулах применялись константы и коэффициенты, актуальные на 1985 г.

2. Установлена корректность расчетов по методике НИИ ВОДГЕО/СамГТУ.

3. Выявлен недостоверный расчет аэротенка на момент проектирования станции — при заявленном допустимом $\text{БПК}_{\text{полн}} 300 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$ поступающих неочищенных сточных вод. При данной нагрузке следовало предусмотреть аэротенк-вытеснитель с регенератором.

⁶ Об утверждении технологических показателей наилучших доступных технологий в сфере очистки сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений или городских округов. Постановление Правительства РФ от 15.09.2020 N 1430. URL: <https://docs.cntd.ru/document/565798086>.

4. Обоснована недопустимость проектирования очистных сооружений без денитрификатора. Для достижения нормативного качества очистки сточных вод в пределах расчетной производительности 30 м³/сутки и обеспечения очистки по нитратам потребуются модернизация сооружений — дооснащение денитрификатором [14]. Из имеющихся технических возможностей для этого целесообразно задействовать первичный отстойник, снабдив его перемешивающим устройством.

5. Для обеспечения необходимого pH [15], понижающегося в процессе нитрификации, дооснастить технологическую схему установкой дозирования подщелачивающего раствора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хенце М., Армозс П., Ля-Кур-Янсен Й., Арван Э. Очистка сточных вод. Биологические и химические процессы. М. : Мир, 2004. 480 с.
2. Степанов С. В. Технологический расчет аэротенков и мембранных биореакторов: учебное пособие. М. : АСВ, 2023. 224 с.
3. Крупин Л. В., Морозова К. М. Реконструкция канализационных очистных сооружений г. Сатпаева // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительство и строительные технологии: сб-к статей. Самара : СамГТУ, 2021. С. 652—659.
4. Moragasipitiya C., Rajapakse J., Senadeera W., Ali I. Simulation of Dynamic Behaviour of a Biological Wastewater Treatment Plant in South East Queensland, Australia using Bio-Win Software // Engineering Journal. 2017. Vol. 21. Iss. 3. Pp. 1—22.
5. Павлинова И. И., Крупский А. С. Совершенствование очистки сточных вод от избыточных соединений фосфора с использованием биотехнологических приемов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. Вып. 31(50). С. 519—523.
6. Hoque M. A., Avarinthan V., Pradhan N. M., Sakhiya A. Combined Titrimetric Respirometer as a Real-Time Sensor to Monitor the Aerobic Biodegradation Process of Different Substrates // Journal of Applied Sciences. 2011. Vol. 11. Iss. 13. Pp. 2299—2305.
7. Харьковина О. В. Сравнение результатов расчетов аэротенков по моделям НИИ ВОДГЕО/СамГТУ и ASM2d // Водоснабжение и санитарная техника. 2021. № 5. С. 18—29.
8. Asmann C., Scott A., Biller D. Drink. Online total organic carbon (TOC) monitoring for water and wastewater treatment plants processes and operations optimization // Drinking Water Engineering and Science. 2017. Vol. 10. Iss. 2. Pp. 61—68.
9. Approach for a novel control strategy for simultaneous nitrification/denitrification in activated sludge reactors / M. Fuerhacker, H. Bauer, R. Ellinger, U. Sree, H. Schmid, F. Zibuschka, H. Puxbaum // Water Research. 2000. Vol. 34. No. 9. Pp. 2499—2506.
10. Серпокрылов Н. С., Борисова В. Ю., Скибина Е. В. Повышение среднесуточной окислительной способности биоценоза аэротенка // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2011. Вып. 25(44). С. 306—310.
11. Krovvidy S., Wee W. G. Wastewater Treatment Systems from Case-Based Reasoning // Machine Learning. 1993. Vol. 10. Pp. 341—363.
12. Математическое описание экспериментальных закономерностей процесса сорбционной доочистки сточных вод на примере предприятия табачной индустрии РФ / Д. О. Игнаткина, А. П. Поздняков, А. В. Москвичева, Е. В. Москвичева, А. А. Войтюк // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 4(77). С. 110—123.
13. Caraman S., Luca L., Vasiliev I., Barbu M. Optimal-Setpoint-Based Control Strategy of a Wastewater Treatment Process // Processes. 2020. Vol. 8. Iss. 1203. Pp. 1—16.
14. Nitrogen removal from water resource recovery facilities using partial nitrification, denitrification-anaerobic ammonia oxidation (PANDA) / R. Sharp, W. Khunjar, D. Daly, J. Perez-Terrero, K. Chandran, A. Niemiec, G. Pace // Science of the Total Environment. 2020. Vol. 724. Pp. 1—9.
15. Monitoring denitrification by means of pH and ORP in continuous—flow conventional activated sludge processes / L. Luccarinia, D. Pulcinib, D. Sottarac, R. Di Cosmod, R. Canziani // Desalination and Water Treatment. 2017. Pp. 319—325. DOI:10.5004/dwt.2017.11119.

Поступила в редакцию
в марте 2024 г.

Ссылка для цитирования:

Морозов С. А., Бутко Д. А. Расчет сверхмалых канализационных очистных сооружений по методике НИИ ВОДГЕО/СамГТУ, сравнение результатов с проектным расчетом и эксплуатационными характеристиками // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 2(95). С. 142—152. DOI: 10.35211/18154360_2024_2_142.

Об авторах:

Морозов Степан Александрович — аспирант каф. водоснабжения и водоотведения, Донской государственной технической университет. Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

Бутко Денис Александрович — канд. техн. наук, доц., зав. каф. водоснабжения и водоотведения, Донской государственной технической университет. Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1; den_111@mail.ru; ORCID: 0000-0002-3792-7198

Stepan A. Morozov, Denis A. Butko

Don State Technical University

CALCULATION OF ULTRA-SMALL SEWAGE TREATMENT PLANTS ACCORDING TO THE METHODOLOGY OF THE VODGEO/SAMGTU RESEARCH INSTITUTE, COMPARISON OF THE RESULTS WITH THE DESIGN CALCULATION AND OPERATIONAL CHARACTERISTICS

The research and adjustment of the operating mode of the biological treatment plant “KSkomplekt-100-SK” of ultra-low productivity was carried out, the operational parameters of the operation were monitored, laboratory studies of the quality of wastewater treatment at all stages of the technological process were carried out. A critical load on the wastewater treatment plant has been identified in terms of hydraulic parameters and pollutants, leading to an abnormal quality of wastewater treatment. The calculation of wastewater treatment plants according to the models of the VODGEO/SamGTU Research Institute, SNiP 2.04.03—85 (expired) and comparison with operational characteristics.

Key words: sewage treatment plants, mathematical calculation of wastewater treatment, biological treatment, research Institute model, operational characteristics of the technological regime.

For citation:

Morozov S. A., Butko D. A. [Calculation of ultra-small sewage treatment plants according to the methodology of the VODGEO/SamGTU Research Institute, comparison of the results with the design calculation and operational characteristics]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2024, iss. 2, pp. 142—152. DOI: 10.35211/18154360_2024_2_142.

About authors:

Stepan A. Morozov — Postgraduate student, Don State Technical University. 1, Gagarina Square, Rostov-on-Don, Russian Federation

Denis A. Butko — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Don State Technical University. 1, Gagarina Square, Rostov-on-Don, Russian Federation; den_111@mail.ru; ORCID: 0000-0002-3792-7198