

Рисунок 2 – График зависимости расхода теплоносителя в приборе от предварительной настройки термостатического клапана

Анализируя полученные данные таблицы 1, а также построенный график зависимости, следует отметить, что при уменьшении настройки терморегулятора до значений 2 авторитет клапана постепенно увеличивается. При этом, когда авторитет терморегулятора достигает значения 0,8, наблюдается резкое снижение процента изменения расхода теплоносителя на клапане. Т. е. при общем авторитете более 0,8 термостатический клапан в меньшей мере влияет на потокораспределение в отопительном приборе.

В соответствии с [3] рекомендуемый диапазон общего авторитета терморегулятора составляет 0,3...0,7, что близко к данным, полученным в ходе эксперимента. Общий авторитет определяет расчетное потокораспределение терморегулятора при его установке в систему отопления.

Список цитированных источников

1. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СН 4.02.03-2019. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь, 2020. – 73 с.
2. Пырков, В.В. На что влияют авторитеты / В. В. Пырков// ДанфоссINFO. – 2006 – № 4. – С. 8–9.
3. Пырков, В. В. Гидравлическое регулирование систем отопления и охлаждения. Теория и практика: 2-е изд., доп. / В. В. Пырков. – Киев : ДП “Таки справы”, 2010. – 304 с.

УДК 628.162, УДК 628.316

Цап К. В., Морозова А. И.

**Научный руководитель: к. т. н., доцент Андреюк С. В.,
ст. преподаватель Акулич Т. И.**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ДЕЙСТВУЮЩИХ АЭРОТЕНКАХ

Технологическая эффективность городских очистных сооружений определяется сопоставлением проектных показателей степени очистки сточных вод с фактическими. Одновременно достижение проектных и нормативных показателей возможно с выполнением правил технической эксплуатации сооружений

водопроводно-канализационного хозяйства. При этом исследование эффективности работы действующих сооружений канализации проводится путем анализа и расчета технологических параметров, характеризующих нормальную работу этих сооружений.

Эффективно работающими очистными сооружениями являются сооружения, численные значения показателей качества очистки которых не превышают проектных или нормативных показателей [3].

Показатели работы очистных сооружений определялись на основании анализа представленных (среднесуточных) проб сточных вод.

Если численные значения показателей качества очистки сточных вод выше проектных или нормативных, производится оценка эффективности работы каждого отдельного сооружения, входящего в состав городских очистных сооружений, с целью установления причин отклонения показателей от проектных или нормативных, а также разработки плана мероприятий по обеспечению эффективной очистки сточных вод.

Целью выполненных научных исследований стало определение эффективности и надежности биологической очистки сточных вод на действующих аэротенках очистных сооружений канализации г. Бреста. Для достижения поставленной цели ставились следующие задачи исследования:

5) на основе эксплуатационных данных действующих сооружений канализации выполнить расчет технологических параметров, характеризующих эффективность работы аэротенков;

6) выполнить сравнение и анализ полученных значений с технологическими параметрами, характеризующими нормальную работу этих сооружений;

7) произвести оценку технологической эффективности работы действующих аэротенков городских очистных сооружений;

8) разработать перечень мероприятий по обеспечению эффективной очистки сточных вод на аэротенках, реализация которого должна обеспечить надежность биологической очистки сточных вод на действующих очистных сооружениях канализации.

Исследование эффективности и надежности биологической очистки сточных вод проводилось на кафедре водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов учреждения образования «Брестский государственный технический университет» и были выполнены на основе экспериментальных данных по работе аэротенков на действующих очистных сооружениях канализации г. Бреста [1, 2].

Эксплуатационные данные, которые стали основой для расчета и анализа: расход сточных вод максимальный суточный; тип аэротенков, их геометрические характеристики; расход воздуха, подаваемого в сооружения очистки; концентрации загрязняющих веществ по показателям БПК₅, ХПК, взвешенные вещества, в поступающей и выходящей воде; концентрация кислорода в очищаемых сточных водах; параметры илового индекса и дозы активного ила.

При проведении исследований использовались технологические и математические методы на основе технических рекомендаций по расчету, разработанных НИИ коммунального водоснабжения и очистки воды Академии коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова [4], а также с учетом действующих ТНПА [7].

На первом этапе исследований в качестве исходных анализировались параметры работы аэротенков в начальный период реконструкции 2015–2019 гг. (до ввода в эксплуатацию дополнительных секций, а также использования технологии удаления азота и фосфора) с последующим их сравнением.

Исследование эффективности работы аэротенков на действующих сооружениях канализации. На основе эксплуатационных данных действующих сооружений канализации выполнен расчет технологических параметров, характеризующих эффективность работы аэротенков. Для аэротенков вытеснителя, смесителя и аэротенка с рассредоточенным впуском воды были рассчитаны:

- 1) геометрические параметры объема и площади сооружения;
- 2) переработано БПК₅ за сутки, т/сут;
- 3) расход воздуха на кг снятой БПК₅, м³/кг, и на 1 м³ сточной воды, м³/м³;
- 4) интенсивность, м³/м²/ч, и период, ч, аэрации;
- 5) расход кислорода воздуха, м³;
- 6) нагрузка загрязнений на 1 г беззольного вещества активного ила, мг/(г·сут), по БПК₅ и по взвешенным веществам;
- 7) нагрузка на 1 м³ аэротенка по БПК₅, г/сут, (окислительная мощность);
- 8) расход электроэнергии, тыс.кВт·ч, по БПК₅.

Согласно предоставленным данным лабораторного анализа в аэротенке-смесителе и аэротенке с рассредоточенным впуском воды ил глубоко минерализованный, в аэротенке-вытеснителе ил можно охарактеризовать как хорошо оседающий; при этом поддерживается доза активного ила от 1,55 г/л (в аэротенке с рассредоточенным впуском воды) до 1,95 г/л (в аэротенке-вытеснителе), средняя концентрация составляет 1,75 г/л. Чем выше значение рабочей дозы ила в аэрационном сооружении, тем выше окислительная мощность этого сооружения.

Согласно эксплуатационным данным и результатам расчета значения переработанного БПК₅ за сутки, т/сут, и затрачиваемого на это расхода воздуха можно судить о некоторой недостаточности параметра концентрации растворенного кислорода в аэротенке с рассредоточенным впуском воды и смесителе (менее 2 мг/л).

Экспериментально установлено, что наибольшая нагрузка загрязнений на 1 г беззольного вещества активного ила присутствует в аэротенке с рассредоточенным впуском воды. Он же обладает большей окислительной мощностью.

На действующих аэротенках расчетные значения нагрузки на 1 м³ аэротенка по БПК₅, г/сут, входят в пределы значений технологических показателей работы аэротенков средне- и низконагружаемых.

Проанализирован расход воздуха, обеспечивающий заданный эффект очистки воды и обработки ила, который оценивают в кубических метрах, отнесенных к м³ очищаемой воды, а также к 1 кг снятой БПК: на действующих аэротенках брестских очистных сооружений эти значения расхода воздуха: от 3 (в аэротенке-смесителе) до 5,2 (в аэротенке с рассредоточенным впуском воды) м³/м³, а также от 30 до 54 м³/кг соответственно.

В целом, по совокупности анализируемых эксплуатационных и расчетных параметров работы аэротенков можно охарактеризовать их как сооружения средне-нагружаемые, работающие на полную биологическую очистку. С учетом увеличения общего объема аэротенков в 1,4 раза (с 37728 м³ до 54578 м³), а также снижения средней суточной производительности до 82000 м³/сут, объемная нагрузка соответствует условиям работы низконагружаемых аэротенков.

Дополнительную оценку технологической эффективности работы по выполнению проектных значений по качеству очищенной воды, выраженному в обобщенном показателе БПК, выполнили для аэротенков, имеющих граничные значения в зависимости от нагрузки на 1 г беззольного вещества.

Оценка технологической эффективности работы действующих аэротенков городских очистных сооружений. Качество сточной воды, очищенной в аэротенках по БПК_{5отст.} в зависимости от нагрузки на 1 г беззольного вещества с учетом влияния температуры и отношения ХПК/БПК₅ поступающей воды, определяли по графику (рисунок), составленному для $t = 15^\circ\text{C}$ и $\text{ХПК}/\text{БПК}_5 = 2$, где ХПК – химическая потребность в кислороде, с использованием формулы:

$$L_{t_5} = 4 + (\text{ХПК}/\text{БПК}_5)^{2/3} + 0,015 \cdot N \cdot \frac{15}{t}, \quad (1)$$

где L_{t_5} – БПК₅ отстоянной очищенной сточной воды, мг/л; N – нагрузка на 1 г беззольного сухого вещества активного ила, мг БПК₅/г·сут; t – температура сточной воды, поступающей в аэротенк, °С.

Нагрузку на 1 г беззольного сухого вещества активного ила (N) определяли по формуле:

$$N = N_a / a_{cp} (1 - S_L) \quad (2)$$

где $N_a = Q_{cp} \cdot \text{БПК}_5 \cdot W$ – нагрузка на 1 м³ аэротенка по БПК₅, г/сут; Q_{cp} – среднесуточный приток сточной воды, м³; БПК₅ – величина биологической потребности в кислороде, поступающей в аэротенк сточной воды, г/м³; W – объем аэротенка и регенератора, м³; a_{cp} – средняя доза ила в сооружении, г/л; S_L – зольность ила в долях единицы.

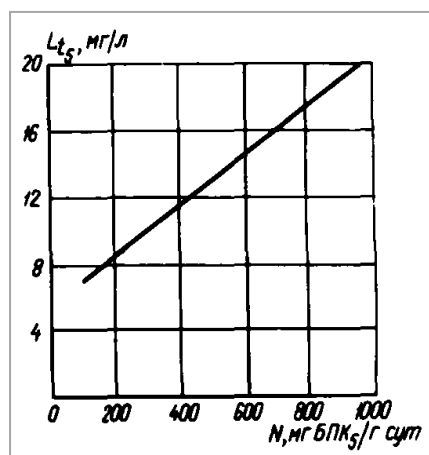


Рисунок. Зависимость БПК₅ очищенной сточной воды от нагрузки на ил

Технологически эффективно работающими аэротенками следует считать такие, у которых качество очищенной сточной воды по БПК_{5отст} отличается от рассчитанной по данной методике не более чем на 30 %. Снижение эффективности работы аэротенка на указанную величину допускается за счет ряда неучтенных в расчетах факторов.

Расхождение значения БПК_{5отст} очищенной воды между эксплуатационными данными работы аэротенка-вытеснителя и рассчитанными превысило 30 %, что свидетельствует об неудовлетворительной работе аэротенка и необходимости мероприятий по интенсификации процесса биологической очистки сточных вод [5, 6].

В то же время работу аэротенка с рассредоточенным впуском воды можно считать удовлетворительной (расхождение до 30 %).

Разработка мероприятий интенсификации работы аэротенков по обеспечению эффективной биологической очистки сточных вод. Рекомендуемый перечень мероприятий включает в себя:

1) увеличение дозы активного ила в зоне аэрации; для действующих аэротенков Брестских городских очистных сооружений канализации рекомендуемое значение концентрации (дозы) активного ила – до 5 кг/м³;

2) увеличение расхода кислорода: при средней нагрузке по БПК₅ 22000 кг/сут рекомендуемое значение расхода кислорода $1,1 \times 22000 = 24200$ кг; рассчитанное значение для действующих типов аэротенков составляет около 17000 кг/кг БПК₅;

3) строительство дополнительных секций аэротенков с учетом использования в том числе технологических схем удаления биогенных элементов.

С изменением качественного состава сточных вод из-за перепрофилирования ряда промпредприятий и увеличения количества предприятий пищевой и перерабатывающей промышленности, с длительной эксплуатацией очистных сооружений, а также с учетом национальных и международных требований к очистке сточных вод, была начата реконструкция городских очистных сооружений, которая продолжается и в настоящее время [8].

Заключение. По результатам экспериментальных и расчетных данных определена эффективность и надежность биологической очистки сточных вод на действующих аэротенках очистных сооружений канализации г. Бреста.

На основе эксплуатационных данных выполнен расчет технологических параметров, характеризующих эффективность работы аэротенков, анализ и сравнение их с технологическими параметрами, характеризующими нормальную работу этих сооружений: по совокупности анализируемых эксплуатационных и расчетных параметров работы аэротенков можно охарактеризовать их как сооружения средненагружаемые до реконструкции, работающие на полную биологическую очистку, и низконагружаемые – с учетом расширения сооружений биологической очистки.

Произведена оценка технологической эффективности работы действующих аэротенков городских очистных сооружений по снижению показателя БПК₅: согласно проектным показателям эффективно работает аэротенк блока № 3 (на базе конструкции с рассредоточенным впуском воды); согласно нормативным показателям – все аэротенки работают удовлетворительно.

Разработан перечень мероприятий по интенсификации биологической очистки сточных вод на действующих аэротенках.

На сегодняшний день при увеличении общей площади аэротенков более, чем в 1,5 раза (с 8064 до 12768 м²), технологические параметры их работы также существенно корректируются, и следующим этапом исследований планируется оценка технологической эффективности работы аэротенков по показателю БПК с учетом реализации схемы биологического удаления азота и фосфора.

Список цитированных источников

1. Белов, С. Г. Городская станция: пособие / С. Г. Белов, Т. И. Акулич, С. В. Андреюк. – Брест : БрГТУ, 2018. – 114 с.
2. Волкова, Г.А. Интенсификация биологической очистки городских сточных вод путем повышения дозы активного ила / Г. А. Волкова, С. В. Андреюк, Е. И. Дмухайло // Вестник БрГТУ. – 2015. – № 2: Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 119–122.
3. Денисов, А. А. Повышение эффективности и надежности биологической очистки сточных вод / А. А. Денисов. – М. : ВНИИТЭИагропром, 1989. – 43 с.
4. Методика оценки технологической эффективности работы городских очистных сооружений канализации / Минжилкомхоз РСФСР, Минводхоз СССР. – М. : Стройиздат, 1987. – 16 с.
5. Новикова, О. К. Эксплуатация систем водоснабжения и водоотведения: учеб. пособие / О. К. Новикова; М-во трансп. и коммуникаций Республики. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2018. – 206 с.
6. Харькина, О. В. Эффективная эксплуатация и расчет сооружений биологической очистки сточных вод / О. В. Харькина. – Волгоград : Панорама, 2015. – 433 с.
7. Охрана окружающей среды и природопользование. Требования экологической безопасности: Экологические нормы и правила РБ ЭкоНиП 17.01.06-001-2017. Утв. пост. Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь от 18 июля 2017 г. № 5-Т.
8. Яловая, Н. П. Анализ и прогноз расходов и нагрузок сточных вод, поступающих на очистные сооружения канализации города Бреста / Н. П. Яловая, В. А. Бурко // Перспективные методы очистки природных и сточных вод : сборник статей региональной научно-технической конференции, Брест, 26 сент. 2019 г. / редкол.: С. Г. Белов [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2019. – С. 74–76.

УДК 628.1

Цап К. В.

Научные руководители: канд. техн. наук, доцент Белов С. Г.

ст. преподаватель Таратенкова М. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОЗОНИРОВАНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА УЛУЧШЕНИЕ ЕЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Введение. Озонирование является наиболее универсальным и высокоэффективным методом очистки воды в бактериологическом, физико-химическом и органолептическом плане.

Одним из преимуществ озона с гигиенической точки зрения является неспособность, в отличие от хлора, к реакциям замещения. В воду не вносятся посторонние примеси и не возникают вредные для человека соединения, такие как тригалометаны – соединения хлора с органикой. Особенностью озона является и его быстрое разложение в воде с образованием кислорода, то есть озон обладает полной экологической безопасностью. Растворимость озона в воде выше, чем кислорода, поэтому в озонированной воде повышается содержание растворенного кислорода, что обеспечивает воде свежий вкус даже при комнатной температуре [1].

Целью данной работы являлось исследование предварительного озонирования питьевой воды для улучшения ее органолептических показателей.