

Список литературы

1 **Леонович, С. Н.** Технология производства строительных работ при реконструкции действующих объектов : учеб. пособие / С. Н. Леонович. – Минск : БНТУ, 2022. – 529 с.

2 **Бадьин, Г. М.** Современные технологии строительства и реконструкции зданий / Г. М. Бадьин, С. А. Сычев. – СПб. : БХВ-Петербург, 2013. – 288 с.

FEATURES OF CONSTRUCTION WORK DURING THE REDEVELOPMENT OF PRODUCTION FACILITIES FOR THE INSTALLATION OF MACHINE TOOLS

V. I. ZHIVODEROVA

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.32/35

АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА СООРУЖЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

К. В. ЖУРО

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
k66557238@gmail.com*

Актуальность. Вопрос о корректности методов расчета сооружений очистки сточных вод и в первую очередь сооружений биологической очистки, является в настоящее время одной из острых проблем. Применение некорректных методов расчета сооружений очистки сточных вод приводит к высокому риску того, что реконструируемые сооружения не будут выдавать запланированное качество очищенной воды. И тогда средства, вложенные в реконструкцию или новое строительство канализационных очистных сооружений, не смогут себя оправдать. При проектировании очистных сооружений канализации необходимым условием является защита окружающей среды (водного и воздушного бассейнов) от загрязнений, образующихся в процессе очистки сточных вод и поступающих в водный объект и атмосферу [5].

Цель работы – анализ методов расчета сооружений биологической очистки для разработки оптимальной методики расчета.

Основные результаты. Биологическая очистка сточных вод является важным этапом в работе очистных сооружений. Процесс биологической очистки основан на способности микроорганизмов использовать растворенные органические вещества сточных вод для питания в процессе жизнедеятельности. Часть органических веществ превращается в воду, диоксид углерода, нитрит- и сульфат- ионы, часть идет на образование биомассы.

Процессы биологической очистки во многом аналогичны процессам самоочищения в природных водоемах, интенсифицированных применением

систем инженерных сооружений, таких как: аэротенки, биологические фильтры, биологические пруды, поля орошения, поля аэрации и пр.

В основу расчета сооружений биологической очистки положена концепция описания этих процессов уравнениями ферментативной кинетики. Многочисленные экспериментальные исследования [1] доказали применимость этих уравнений для описания процессов биологической очистки сточных вод, что является инструментом для анализа кинетики окисления загрязнений сточных вод и их отдельных компонентов, идентификации механизмов торможения (конкурентного и неконкурентного, субстратного, продуктами метаболизма и т. д.). Эти же уравнения служат основой для технологических расчетов сооружений биологической очистки.

Метод расчета сооружений биологической очистки предполагает определение необходимого времени обработки и объема сооружения. Расчет сооружений биологической очистки должен производиться на основе экспериментально полученных параметров кинетики окисления или на основании банка данных кинетических констант и коэффициентов по каждому лимитирующему показателю в зависимости от требований, предъявляемых к качеству очищенной воды [1].

Для сравнения выбраны методики расчета аэротенков, представленные в ТКП 45-4.01-202-2010 «Очистные сооружения сточных вод» [2], в СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения» [4], а также методика расчета, применяемая в Российской Федерации [6].

1 В соответствии с ТКП 45-4.01-202-2010 при очистке сточных вод в системах с активным илом с целью удаления биохимически разлагаемых органических веществ без нитрификации вместимость аэротенков допускается определять по среднечасовому поступлению воды за период аэрации в часы максимального притока с учетом количества поступающих органических загрязнений, требуемого эффекта снижения нагрузки по БПК₅ на 1 м³ аэротенка, допустимой нагрузки по БПК₅ на активный ил, принятой дозы активного ила в иловой смеси, по расчетным зависимостям.

Окончательным этапом расчетов является определение объема технологических сооружений. Дозу ила в технологических сооружениях для очистки с нитрификацией и денитрификацией допускается принимать 2,5–3,5 г/дм³ [2]. Таким образом, обеспечивается эффективность очистки, соответствующая требованиям, предъявляемым к современным очистным станциям, регламентированным законодательством Республики Беларусь.

2 Строительные нормы 4.01.02-2019 – нормативный документ, разработанный на базе пособия к ТКП 45-4.01-321-2018. В настоящее время ТКП 45-4.01-321-2018 [3] на территории Республики Беларусь не действует.

Существенным отличием является измененная величина дозы ила и возраста ила для аэротенка в зависимости от выбранной технологической схемы. Дозу ила для очистки с нитрификацией и денитрификацией допускается

принимать от 3,0 до 5,0 г/дм³ [3]. Последовательность расчета аэротенков осталась неизменной и представлена в пособии к ТКП 45-4.01-321-2018 «Проектирование очистных сооружений сточных вод».

Расчет вместимости аэротенков и других емкостных сооружений с активным илом следует определять в зависимости от минимального возраста активного ила с учетом принятой дозы активного ила в иловой смеси и уровня допустимой нагрузки по БПК₅ на активный ил. При очистке сточных вод в системах с активным илом с целью удаления биохимически разлагаемых органических веществ без нитрификации вместимость аэротенков допускается определять с учетом массы органических загрязняющих веществ, максимального часового расхода сточных вод, требуемой степени очистки, допустимой нагрузки на активный ил, дозы активного ила в смеси.

Увеличение дозы активного ила позволяет сократить объем технологических сооружений и увеличить скорость потребления субстрата, однако одновременно необходимо увеличивать количество растворяемого в воде кислорода и улучшать условия массообмена.

В действующем СН 4.01.02-2019 «Канализация. Наружные сети и сооружения» установлены основные требования к методам и способам очистки сточной воды и устройству очистных сооружений.

3 Методика расчета аэротенков в Российской Федерации. В настоящее время отсутствует узаконенная и обязательная к применению методика расчета основного сооружения биологической очистки – аэротенка. Методы расчета аэротенков, предлагаемые в нормативных документах (СНиП 2.04.03–85) [6] и в научных статьях, носят только рекомендательный характер. Возможно, это связано с их несовершенством: в ряде статей отмечается, что сооружения биологической очистки, рассчитанные по существующим методикам, работают недостаточно эффективно. Анализ научных работ, посвященных данному вопросу, позволил подразделить все существующие методики на две группы.

К первой группе относятся методики, базирующиеся на рекомендациях СНиП 2.04.03–85, в качестве основных расчетных показателей используются скорость окисления органических соединений ρ (мг/г·ч) и скорость окисления аммонийного азота $\rho_{\text{н}}$ (мг/г·ч). СНиП 2.04.03–85 в качестве исходной расчетной величины предлагает скорость окисления органических соединений. Для городских сточных вод таким лимитирующим показателем обычно является аммонийный азот. Величины скоростей биохимического окисления, указанные в СНиП 2.04.03–85, определены на основе обширных статистических и экспериментальных данных, т. е. для некоего обобщенного, среднестатистического состава сточных вод.

Вторая группа методик применяет показатель «скорость биохимического окисления» не прямо, а опосредованно, через ряд других параметров биологической очистки. В разных методиках перечень и количество этих параметров различаются.

В связи с этим вторую группу можно разделить на две подгруппы:

1 Методики, где количество параметров относительно невелико и возможен «ручной» расчет, только с применением компьютерных программ общего назначения. В качестве примеров можно привести методику справочного пособия «Проектирование сооружений для очистки сточных вод», Техническое руководство по расчету аэрационных систем ATV (Германия), Китайский национальный стандарт H576–2010 (Китай). В качестве основных расчетных параметров в кинетические уравнения исследуемых процессов входят удельная скорость роста микроорганизмов μ (сут^{-1}) и связанный с ней возраст ила θ (сут). В расчете учитывается влияние на процесс конкретного состава сточных вод и внешних условий: рН и температуры сточных вод, концентрации растворенного кислорода, содержания токсичных примесей. Качество ила в моделях процесса учитывается физиологическими коэффициентами.

2 Методики с использованием большого ряда исходных параметров, расчет по которым возможен только с применением специализированных программных продуктов. Применение специализированных компьютерных программ позволяет учесть влияние на процесс очистки многих параметров. Кроме уже названных величин, в качестве расчетных используются концентрации разных групп микроорганизмов: гетеротрофов, автотрофов, фосфат-аккумулирующих микроорганизмов, концентрации отмершей биомассы (по группам) и взвешенных веществ, а также скорость отмирания микроорганизмов k_d (сут^{-1}). При этом расчетные скорости реакций окисления отдельных примесей определяются в соответствии с фракциями ХПК, формами азота и фосфатов и относятся к концентрациям соответствующих групп микроорганизмов. Важным преимуществом любой методики является оптимальное соотношение двух факторов – универсальности и достаточной степени точности расчетов. Вероятно, большинство существующих методик этого оптимума не обеспечивает.

Выводы. Законодательная база в области очистки сточных вод постоянно изменяется, учитывая ужесточения требований к качеству очищенных сточных вод. Введение новых СН 4.01.02-2019 позволяет использовать накопленный зарубежный опыт проектирования и реконструкции систем очистных сооружений, отвечающих современным требованиям очистки. Для реализации потенциальных возможностей биологического метода в Российской Федерации необходим новый подход к расчету сооружений, дающий возможность рассчитывать степень очистки не только по БПК, но и по индивидуальным диктующим компонентам загрязнений. Поэтому метод расчета должен обеспечивать возможность выбора оптимальных конструктивных и технологических параметра каждого элемента технологической схемы.

Список литературы

1 **Воронов, Ю. В.** Водоотведение и очистка сточных вод / Ю. В. Воронов. – М. : АСВ, 2016. – 203 с.

2 ТКП 45-4.01-202-2010. Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования. – Минск : М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2010. – 99 с.

3 ТКП 45-4.01-321-2018. Канализация. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы проектирования. – Минск : М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2019. – 80 с.

4 СН 4.01.02-2019 Канализация. Наружные сети и сооружения. Строительные нормы Республики Беларусь. – Введ. 2020-07-09. – Минск : М-во архит. и стр-ва Респ. Беларусь, 2019. – 80 с.

5 **Новикова, О. К.** Технология очистки сточных вод : учеб. пособие / О. К. Новикова. .– Гомель : БелГУТ, 2020. – 302 с.

6 СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения: Актуализированная редакция. СП 32.13330.2012. – Введ. 2013-01-01. – М. : М-во регионального развития Российской Федерации, 2013. – 129 с.

ANALYSIS OF CALCULATION METHODS FOR BIOLOGICAL TREATMENT FACILITIES

K. V. ZHURO

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.179.2

ЛОКАЛЬНОЕ ВОДООЧИСТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ В СИСТЕМАХ ОБОРОТНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

С. И. МОВЧАН

*Мелитопольский государственный университет,
movchantsaa@rambler.ru*

Актуальность. Одним из эффективных путей обеспечения экологической безопасности, рационального использования воды и водных ресурсов в промышленном секторе является оптимальный выбор и эффективное использование ресурсосберегающих технологий, используемых в системах повторного, оборотного и многоразового использования воды. Усиливающийся дефицит водных ресурсов повышает не только технико-технологическую составляющую промышленного водоснабжения, но, и обеспечивает эколого-экономическую составную всего промышленного сектора.

Особую актуальность в последние годы приобретают природоохранные мероприятия, что предьявляет повышенные требования к водоочистному