

О.С. Дубовик, ведущий инженер-технолог
В.В. Иванович, инженер-технолог

Унитарное предприятие «Минскводоканал», г. Минск, Беларусь

ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ GPS-X

Программы динамического имитационного моделирования позволяют построить модель, которая способна с достаточной точностью описать процессы, которые могли бы происходить на реальных объектах во времени. Такого рода программные комплексы могут найти свое широкое применение при проектировании очистных сооружений, проведении пуско-наладочных работ, обучении студентов, а также непосредственно на этапе эксплуатации и решении возникающих задач. В Российской Федерации на законодательном уровне в СП 32.13330.2012 «Канализация. Наружные сети и сооружения» закреплена рекомендация использования методов математического моделирования при проектировании очистных сооружений [1]. Однако в настоящее время программы моделирования не находят своего широкого применения на практике в Республике Беларусь.

GPS-X – программный комплекс, применяемый для математического моделирования технологического процесса очистки сточных вод. GPS-X состоит из комплекса математических динамических моделей активного ила (ASM1, ASM2 и т. д.), позволяющих описывать все основные процессы, применяемые в очистке сточных вод, в том числе процессы удаления азота и фосфора. Расчет математической модели исходит из фракционного состава химического потребления кислорода (ХПК), как наиболее достоверно и наиболее точно описывающего материальный баланс органических загрязняющих веществ в составе сточных вод, что существенно отличает его от такого показателя, как биологическое потребление кислорода (БПК), имеющего высокую погрешность измерения и сравнительно невысокую достоверность полученных результатов.

Математическое моделирование существующих канализационных очистных сооружений программой GPS-X включает в себя пять основных этапов:

- 1) выбор модели активного ила ASM и библиотек (определяется поставленными задачами);
- 2) построение модели очистных сооружений из отдельных блоков (поступающие сточные воды, отстойник, аэротенк, метантенк и т. д.), ко-

торые логически взаимосвязываются друг с другом. На данном этапе задаются физические и операционные параметры емкостных сооружений;

3) обобщение информации о качественной и количественной характеристике сточных вод с установлением требуемых показателей;

4) задание основных входных параметров и компонентов поступающих сточных вод с последующей калибровкой модели для максимального приближения моделируемых показателей к существующим;

5) симуляция модели очистных сооружений при различных сценариях.

Математическая модель процесса очистки сточных вод первой производственной площадки Минской очистной станции (далее по тексту – МОС), построенной в ASM3+БИО-Р программе GPS-X, включала в себя следующие блоки: поступающие сточные воды, песколовки, первичные отстойники, аэротенки, вторичные отстойники, выпуск очищенных сточных вод, сооружения по обработке осадка. Она представлена на рисунке 1.

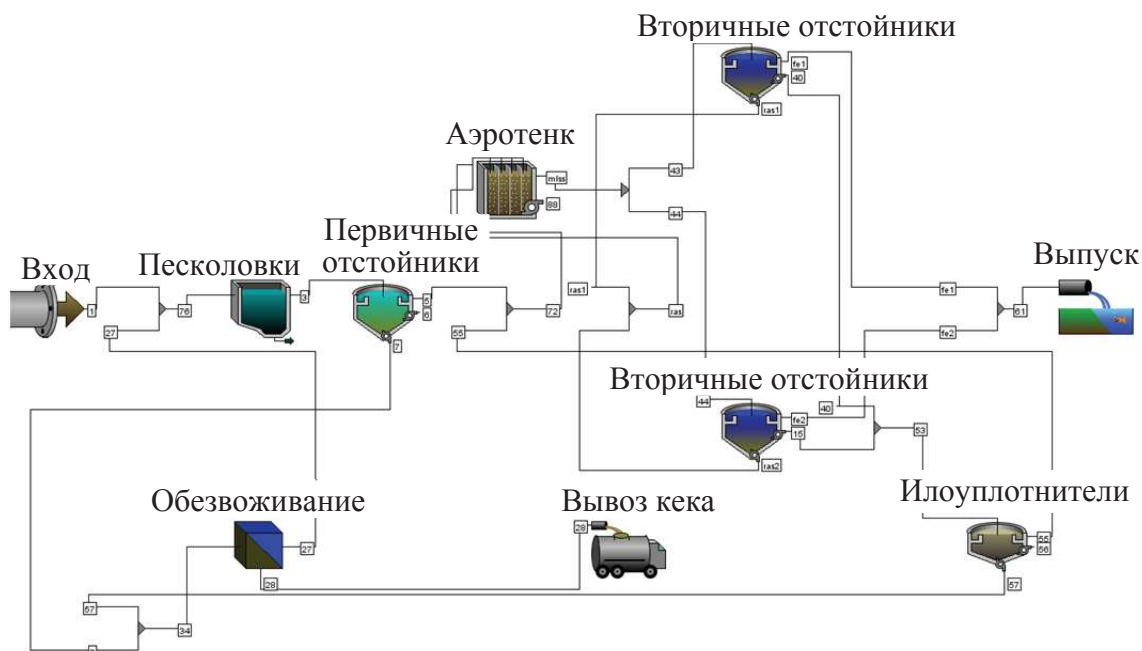


Рисунок 1 – Модель Минской очистной станции в программном комплексе GPS-X

При построении модели МОС в качестве входных и выходных качественных и количественных характеристик сточных вод, количества циркуляционного активного ила и других технологических параметров использовались усредненные значения за год/месяц. Так как при моделировании с использованием принятых по умолчанию кинетических и стехиометрических показателей добиться смоделированных выходных характеристик, близких к реальным значениям, не удалось,

требовалось проведение отладки модели. Калибровка модели явилась наиболее трудоемким и затратным по времени процессом и осуществлялась путем более подробного изучения и анализа состава поступающих сточных вод, подбором кинетических и стехиометрических показателей биологической стадии очистки сточных вод. Например, концентрация и баланс нитритов-нитратов в очищенных сточных водах приведены к фактическим путем изменения скорости роста биомассы.

После выполнения окончательной калибровки модели была осуществлена симуляция модели для различных сценариев (увеличение значения концентрации ХПК, количества сточных вод и многое другое). Фрагмент экранной формы программы GPS-X представлен на рисунке 2.

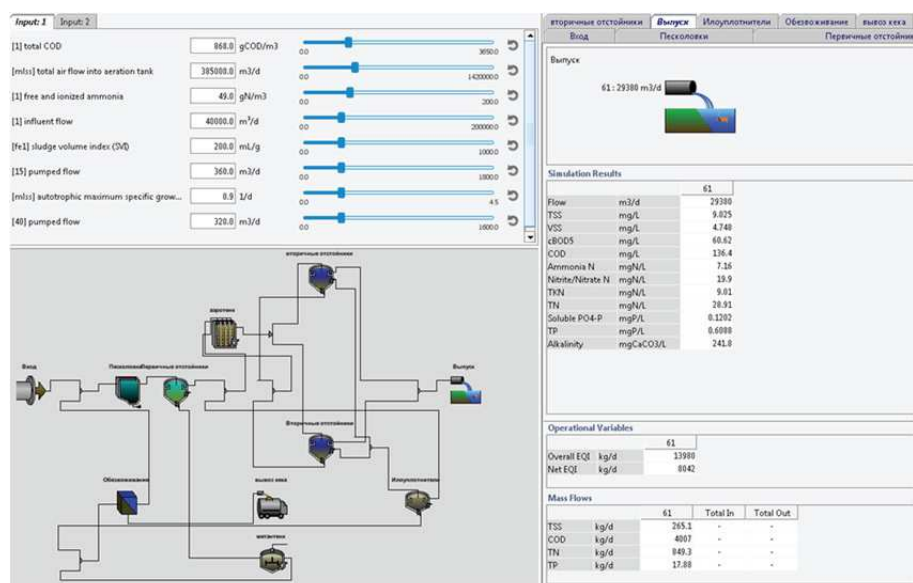


Рисунок 2 – Фрагмент экранной формы симуляции модели очистных сооружений

Один из сценариев включал в себя исследование влияния увеличения концентраций поступающих загрязняющих веществ при одновременном увеличении/уменьшении расхода сточных вод, а также вывод из эксплуатации емкостного сооружения. Один из сценариев позволил определить концентрации загрязняющих веществ в очищенных сточных водах в заданный период времени от 1 до 10 суток, расход воздуха и требуемое количество объемов емкостных сооружений. А также вывод аэротенка из эксплуатации (кратковременное снижение объемов аэротенков на 20 %) с одновременным увеличением количества подаваемого воздуха приводит к увеличению концентрации азота, взвешенных веществ и других основных показателей. Результаты моделирования представлены на рисунке 3.

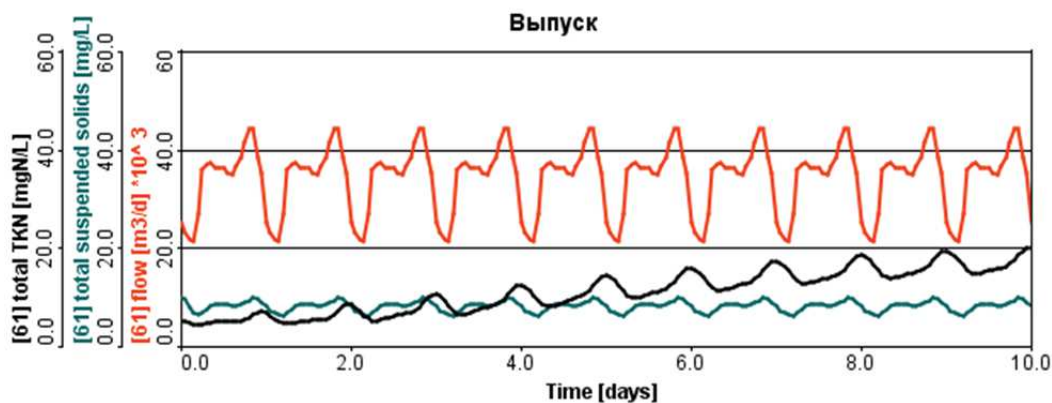


Рисунок 3 – Сценарий моделирования уменьшения объема аэротенков

При помощи программного комплекса GPS-X можно выполнить моделирование и аварийных ситуаций. При таком моделировании существует возможность отследить способность системы к восстановлению.

Среди множества преимуществ использования программы моделирования GPS-X существует несколько недостатков:

- сложность самостоятельного обучения;
- отсутствие возможности указания требуемого количества сооружений. Для каждого из сооружений требуется создание своего отдельного блока, что вызывает сложности при моделировании крупных очистных сооружений, где количество отстойников может быть более 5;
- отсутствие возможности указания почасовых концентраций загрязняющих веществ в поступающих сточных водах. Данное обстоятельство усложняет моделирование очистных сооружений, у которых наблюдается существенная неравномерность поступления загрязняющих веществ.

Для эксплуатации очистных сооружений динамическое математическое моделирование процесса очистки сточных вод позволяет проводить глубокий анализ режима работы. Полученные данные могут использоваться для решения инженерных задач по оптимизации и управлению, для проведения модернизации отдельных этапов, а также для разработки технологических инструкций на эксплуатацию, проведения технологически безопасного обучения персонала, студентов. Кроме того, при использовании программного моделирования можно понять, оценить и смоделировать множество различных сценариев работы очистных сооружений.

Литература

1. Баженов, В.И. Очистные сооружения канализации: метод математического моделирования / В.И. Баженов, А.В. Устюжанин // Экология производства. – 2018. – № 4. – С. 74–80.