

ОБЪЕКТНО-ЭВОЛЮЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД АЭРОТЕНКАМИ

Годецкий А.Ю., Савкова Е.О.

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк

Кафедра автоматизированных систем управления

E-mail: godetskiy@gmail.com

Аннотация

Годецкий А.Ю., Савкова Е.О., Объектно-эволюционная модель процесса очистки сточных вод аэротенками. В статье рассматривается вопрос разработки объектной модели, которая отображает структуру системы очистки сточных вод аэротенками и процесс эволюции сточной воды от неочищенного до очищенного состояния. Представленные модели позволяют описать функционирование системы средствами объектно-ориентированного проектирования.

Общая постановка проблемы

Проблема чистой воды является одной из актуальнейших проблем во всем мире, так как вода – это главный природный ресурс. Сточные воды крупного города состоят из сточных вод от промышленных предприятий, бытовых вод и атмосферных остатков. В сточные воды, кроме растворенных органических и неорганических веществ, попадают коллоидные примеси, а также взвешенные (грубо и мелкодисперсные) вещества. Чтобы очистить воду от всех этих веществ и применяются очистные сооружения.

Объектом данного исследования является комплекс биологической очистки сточных вод на очистных сооружениях города Донецка. Биологический метод очистки основан на способности микроорганизмов использовать, в качестве питательного субстрата, многие органические и некоторые неорганические соединения, содержащиеся в сточной воде. В процессе очистки сточных вод часть окисляемых микроорганизмами веществ используется в процессах биосинтеза (образование биомассы - активного ила или биопленки), а другая часть превращается в безвредные продукты окисления (вода, углекислый газ и др.). Принцип действия современных аппаратов и сооружений для очистки основан на методах непрерывного культивирования микроорганизмов. В состав устройств для переработки сточных вод входят две основные части – аэратор и вторичный отстойник. Основная трудность при очистке заключается в том, что удовлетворительную работу аэротенков необходимо обеспечить в постоянно изменяющихся условиях их эксплуатации (изменение состава и объема сточных вод, возникающие неполадки в оборудовании и т.д.). Это приводит к тому, что необходимо разработать модель цикла биологической очистки и использовать ее для непрерывного управления процессом очистки сточных вод, расчета и прогнозирования сложных технологических параметров, которые влияют на поведение.

Целью работы является разработка компьютерной системы поддержки и принятия решений по очистке сточных вод. Для решения поставленной задачи необходимо решить следующие задачи:

1. Исследовать параметры, влияющие на процесс биологической очистки сточных вод аэротенками;
 2. Разработать модель процесса биологической очистки, на основе которой возможно построение алгоритмов поддержки и принятия решений по управлению аэротенками.
- Рассмотрим решение поставленных задач.

Решение задач и результаты исследования

Процесс биологической очистки от загрязняющих веществ происходит в аэротенках при непосредственном контакте сточных вод с оптимальным количеством микроорганизмов активного ила при наличии соответствующего количества растворенного кислорода, подаваемого в течение некоторого времени, с последующим отделением активного ила от очищенной воды во вторичных отстойниках. Активный ил – искусственно выращиваемый биоценоз при аэрации антропогенно загрязненных вод, населенный гелепродуцирующими бактериями гетеротрофами, хемотрофами, простейшими и многоклеточными животными, которые трансформируют загрязняющие вещества и очищают сточные воды в результате биосорбции, биохимического окисления, выедания бактерий и простейших [1]. Общая схема процесса биологической очистки представлена на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид процесса биологической очистки

В состав устройств для переработки сточных вод входят две основные части – аэратор и вторичный отстойник. Аэратор – это биологический реактор который вмещает микроорганизмы, в нем происходят реакции со сточными водами и кислородом. Вторичный отстойник предназначен для отделения очищенной воды от активированного отстоя состоящего из живых или погибших микроорганизмов. Часть концентрированного отстоя, после регенерации, поступает обратно в аэротенк при помощи насоса, для поддержания процесса очистки (отношение объемов сточных вод и массы микроорганизмов должно оставаться постоянным). Оставшаяся часть активированного отстоя удаляется для последующего захоронения. На выходе получаем поток очищенной воды и концентрированный отстой, которые менее опасны для окружающей среды и легче перерабатываются чем исходная неочищенная вода.

В данном процессе выделяются два управляющих контура – контур подачи воздуха и контур подачи активного ила, работу которых обеспечивают компрессор и насос соответственно.

Наиболее важными факторами, влияющими на развитие и жизнеспособность активного ила и, как следствие, на качество биологической очистки, являются: температура, наличие питательных веществ, содержание растворенного кислорода в иловой смеси, значение рН, присутствие токсинов. Удовлетворительная работа аэротенков в значительной степени определяется также технологическим режимом эксплуатации, где основное значение имеют:

- оптимальное соотношение между концентрацией загрязняющих веществ, присутствующих в сточных водах, и рабочей дозой активного ила по массе (при уменьшении дозы ила возникает эффект повышения нагрузки и снижения качества очистки, при увеличении дозы затрудняется эффективное разделение ила и очищенной воды во вторичных отстойниках);

- необходимое время контакта загрязненных сточных вод с активным илом;
- достаточная аэробность системы [1].

Нарушение отношения между концентрацией загрязняющих веществ и рабочей дозы активного ила по массе приводит к ухудшению седиментационных свойств активного ила (способность образовывать прочные, быстро оседающие хлопья), которое влечет повышение

илового индекса. Одно из основных требований к иловому индексу – стабильность его значений, которая указывает на удовлетворительные условия жизнедеятельности ила и удовлетворительный режим эксплуатации сооружений [1].

Ухудшение качества биологической очистки сточных вод обусловлены следующими причинами [2]:

- уменьшение количества воздуха в аэротенке, в следствии поломки оборудования или увеличения биомассы активного ила;
- залежами плохо перемешиваемого ила в различных участках аэрируемой зоны;
- увеличение удельных нагрузок на активный ил, в следствии возрастания содержания растворенных органических веществ в поступающих на очистку водах;
- воздействием токсинов на активный ил;
- возрастанием кислородпоглощаемости активного ила из-за нарушения режима выгрузки осадка из вторичных отстойников;
- нарушение оптимальной концентрации возвратного ила.

На основе выполненных исследований параметров биологической очистки сточных вод разработана объектно эволюционная модель процесса. Объектно-эволюционный анализ информационных систем представляет собой взаимосвязанный процесс формирования моделей прецедентов [3], объектной, эволюционной, модели действий и поведения экземпляров объектов.

Формирование модели прецедентов

Для исследуемого процесса субъектом является неочищенная вода, которая проходит биологическую очистку – прецедент. Модель прецедентов представлена на рисунке 2. Прецедент изображен в виде черточки.



Рис. 2. Модель прецедентов

Формирование объектной модели

При формировании объектной модели необходимо выделить основной объект, преобразование которого является целью разработки системы. В данной системе таким объектом является неочищенная сточная вода, которая преобразуется в очищенную воду на этапе биологической очистки. Процесс очистки можно представить в виде иерархии представленной на рис. 3.

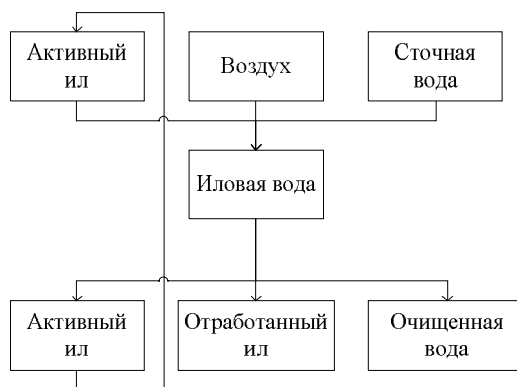


Рис. 3. Иерархия объектов системы

Здесь исходная сточная вода взаимодействуя с объектами «Активный ил» и «Воздух» преобразуется в «Иловую воду», которая преобразуется в три конечных объекта «Активный ил», «Отработанный ил» и «Очищенную воду». Стрелка, связывающая объекты, показывает

отношение наследования. Организуемые таким образом объекты будем называть «стволом» объектной модели. Также для формирования объектной модели требуется определить элементы, от которых зависят эволюционирующие объекты, определенные на первом шаге: «Насос», «Компрессор», «Вторичный отстойник», «Регенератор». Свойства рассмотренных объектов описываются атрибутами. Например, для объекта «Вторичный отстойник» атрибутами являются: его диаметр и объем. Конечный вид объектной модели представлен на рисунке 4.

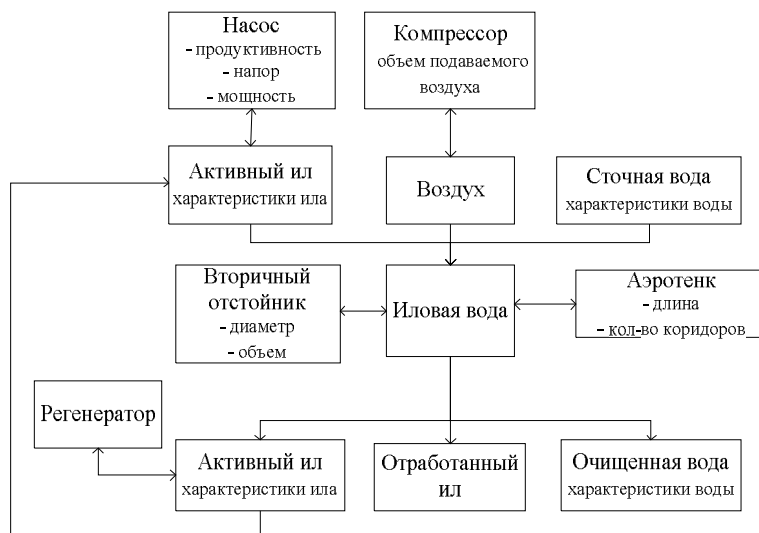


Рис. 4. Объектная модель системы

Формирование эволюционной модели

Эволюционная модель, которая является одной из особенностей объектно-эволюционного анализа, предназначена для отображения развития объектов в результате их взаимодействия. Как следствие происходит их развитие и взаимодействие. Каждому взаимодействию дается определенное имя. Взаимодействие находится вне объектов и содержит множество сценариев, определяющих различные последовательности действий и поведения объектов [4]. На рисунке 5 представлена модель эволюции объектов процесса биологической очистки.

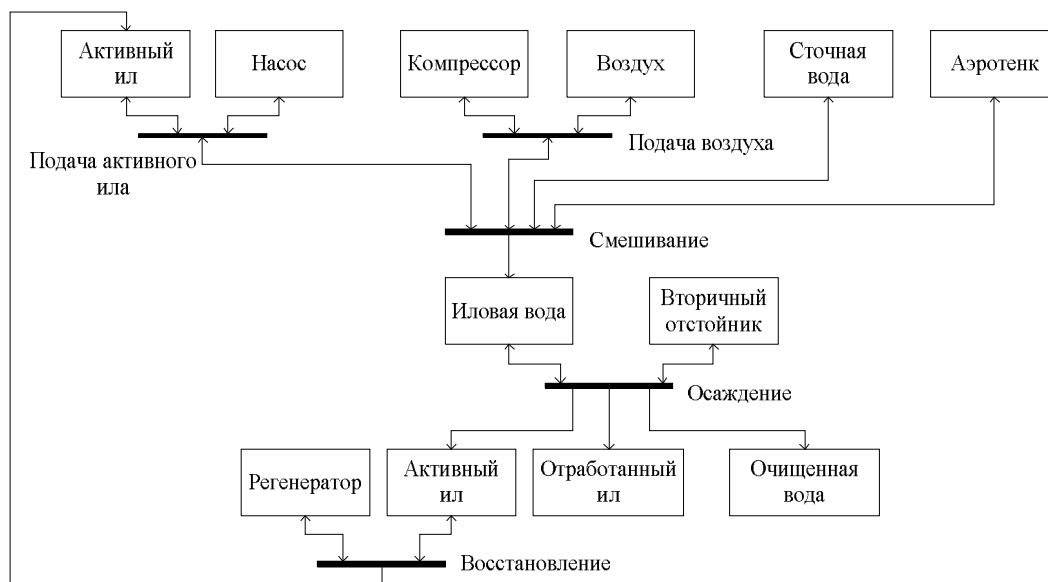


Рис. 5. Модель эволюции объектов системы

Взаимодействию «Смешивание» предшествует подача активного ила и воздуха, которое с использованием объектов «Сточная вода» и «Аэротенк» преобразует исходные объекты системы в объект «Иловая вода». «Иловая вода» которая в свою очередь, посредством объекта «Вторичный отстойник» с помощью взаимодействия «Осаждение» преобразуется в конечные объекты: «Активный ил», «Отработанный ил» и «Очищенная вода». В результате взаимодействия «Восстановление» из объектов «Активный ил» и «Регенератор» образуется объект «Активный ил».

Формирование модели действий и поведения экземпляров объектов

Каждое взаимодействие эволюционной модели раскрывается в виде модели действий и поведения объектов [3]. Исходные объекты обозначаются кругами и располагаются вдоль оси объектов. Составляется сеть изменяющихся состояний объектов и действий, где каждое новое состояние обозначается кругом, каждое новое действие обозначается чертой. Конечные состояния представлены в виде заштрихованных кругов. Слева на рисунках проведена ось событий, выполнение каждого действия связано с наступлением некоторого события. Модели этих взаимодействий представлены на рис.6-8.

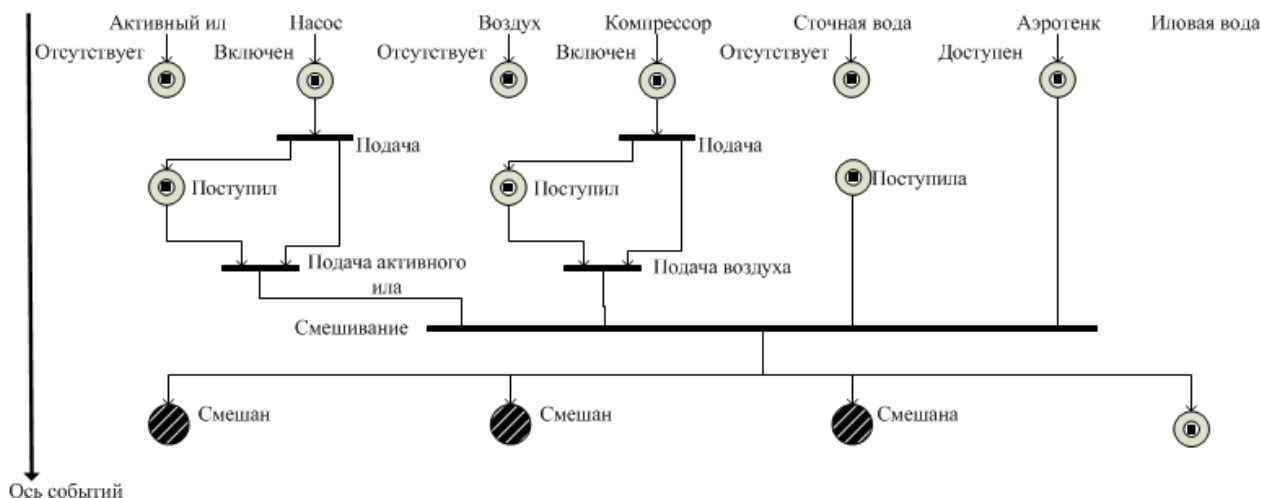


Рис. 6. Модель взаимодействия «Подача активного ила», «Подача воздуха» и «Смешивание»

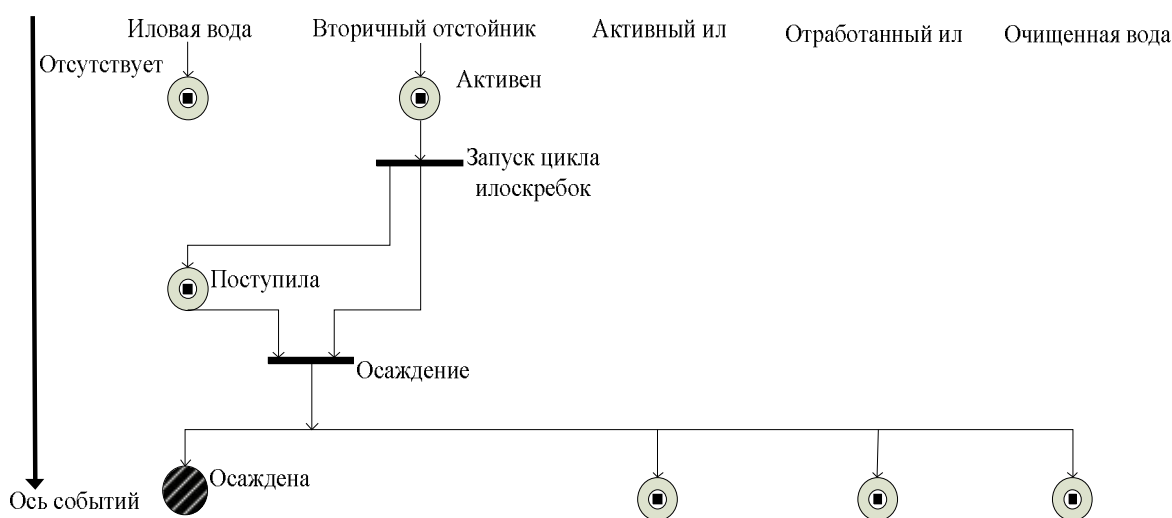


Рис. 7. Модель взаимодействия «Осаждение»

Например, в модели взаимодействия «Восстановление» (рис. 8) исходное состояние объекта «Активный ил» - «Отсутствует», а объекта «Регенератор» - «Ожидание». Т.е. объект «Регенератор» находится в ожидании поступления объекта «Активный ил». Как только объекта «Активный ил» поступает (состояние объекта меняется на «Поступил») объект «Регенератор» взаимодействует с исходным объектом и преобразует его в конечное состояние «Восстановлен».

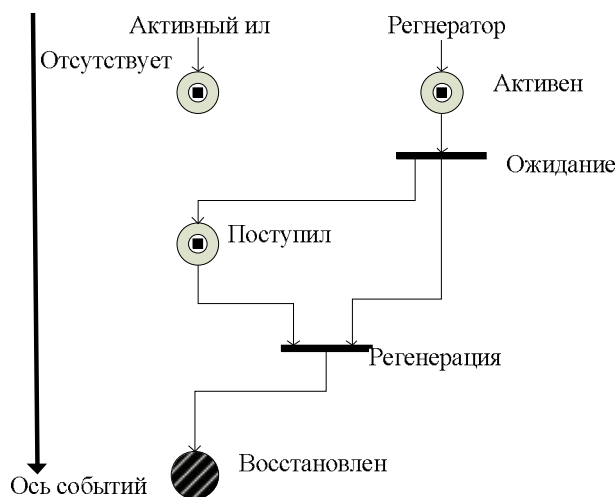


Рис. 8. Модель взаимодействия «Восстановление»

Выводы

В результате проведенных исследований: рассмотрен общий состав и принципы биологической очистки сточных вод аэротенками, разработана объектно-эволюционная модель на основании которой были сформированы модели действий и поведения экземпляров объектов. Полученные модели позволят языком объектно-ориентированного проектирования описать функционирование системы поддержки принятия решений по управлению очисткой сточных вод аэротенками.

Литература

1. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
2. Моделирование аэрационных сооружений для очистки сточных вод / Брагинский Л. Н., Евилевич М.А., Бегачев В. И. и др. – Л.: Химия, 1980ю – 144 с., ил.
3. А.С. Семенов. Использование объектно-эволюционного анализа при решении задач технологического типа / А.С. Семенов //Научно-практический журнал Отделения информатики, вычислительной техники и автоматизации Российской академии наук «Автоматизация проектирования». - №3 – 1998. – С. 36-51
4. Буч Г. Объектно-ориентированное проектирование с примером применения. Пер. с англ. / Г. Буч. – М.: Кондор, 2002. – 517 с.

