

ПРОМЫШЛЕННАЯ МИКРОБИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

УДК 628.35:661.742

Р. К. Закиров, С. Н. Савдур

СЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСА

БИОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ЕЕ ПРОИЗВОДНЫХ

Ключевые слова: сеть Петри, очистка сточных вод.

Рассматривается технологический модуль биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных. Показана целесообразность использования математического аппарата теории сетей Петри при моделировании и проектировании данного технологического модуля. Построена модель в виде модифицированной сети Петри и на ее основе разработан программный комплекс системы управления биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных.

Keywords: Petri net, wastewater treatment.

There is considered the technological module of biochemical wastewater treatment of chemical industry production enterprises of acrylic acid and its derivatives. It shows the expediency in using mathematical Petri network when modeling and designing technological module. The model is constructed in the form of modified Petri nets and software package control system of biochemical wastewater treatment of chemical industry production enterprises of acrylic acid and its derivatives is designed on basis of it.

Акриловая кислота и ее производные являются крупнотоннажными продуктами, используемыми в лакокрасочном, горнодобывающем, целлюлозобумажном производстве. Прямой сток отработанных вод с заводов может вызвать сильное загрязнение окружающей среды вследствие их высокой токсичности [1].

Существующие в настоящее время химические и физико-химические способы очистки сточных вод от данных соединений довольно дороги, не всегда эффективны и трудоемки. Наиболее доступным, экономически рентабельным и достаточно эффективным является биохимический метод очистки воды, основанный на способности микроорганизмов использовать для своего метаболизма органические загрязнители в качестве субстрата, как единственного источника углерода и энергии [1]. Однако биологический способ очистки сточных вод имеет ряд специфических требований, а именно:

- сбалансированность ингредиентов очищаемых сточных вод по основным биогенным элементам (углерод : азот: фосфор);

- отсутствие интенсивных пульсационных составляющих объемного расхода сточных вод подаваемых в биоокислитель;

- недопустимость значительных отклонений от оптимальных значений таких технологических параметров как pH, температура, кислородный режим, соотношение легко – и трудно усваиваемой органики и т.д.

Даже незначительное отклонение технологических параметров от оптимальных значений приводит к длительному периоду адаптации микрофлоры биоокислителя, что не лучшим образом, сказывается на качестве очищенных стоков. Поэтому в процессах функционирования технологических схем

биологической очистки сточных вод необходимы предупреждающие действия негативных факторов, дабы исключить длительный период выхода системы очистки из строя. В этом случае используются различные способы интенсификации технологических процессов [2], методы математического моделирования, методы системного анализа.

Современные очистные сооружения крупных химических предприятий характеризуются сложной многоуровневой структурой, поэтому могут рассматриваться как сложные кибернетические системы. Эффективность функционирования таких систем можно обеспечить с помощью современных методов обработки информации, применяя методы системного анализа сложных объектов на основе математического описания технологического процесса [3].

Применение методов системного анализа определяет процедуру разработки системы управления установки биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных, которая предусматривает составление математической модели на основе сетей Петри [4], что обеспечивает управление потоками в установке.

Технологическая схема установки биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных представлена на рис.1 [1].

На рисунке 1 изображены: 1 - аппарат для предварительного выращивания микроорганизмов, 2 - аэротенк, 3 – вторичный отстойник, 4 – первичный отстойник, 5 – песколовка, 6 – решетка, 7 - емкость для очищенной сточной воды. Потоки: I - микроорганизмы, II - СВ, III - воздух, IV - очищенная вода.

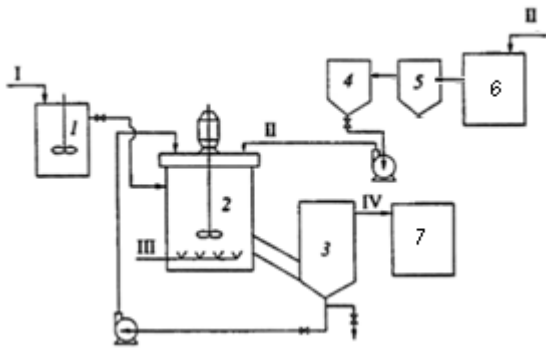


Рис. 1 - Технологическая схема установки биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных

Технологический процесс в установке биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных рационально может быть описан модифицированными сетями Петри. Одним из достоинств сетей Петри является возможность представления сетевой модели как в аналитической форме, с возможностью автоматизации процесса анализа, так и в графической форме с обеспечением наглядности разрабатываемой модели.

Модификация сетей Петри позволяет решать следующие задачи:

- 1) анализ функционирования аппаратов системы в условиях нештатных ситуаций;
- 2) анализа переключения управления на сетевом уровне;
- 3) анализа технологических схем дискретно – непрерывных производств для обеспечения устойчивого, стабильного состояния.

Для управления процессом биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных разработана математическая модель технологической схемы и ее программная реализация. Математическая модель системы биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных разработана в виде МСП, реализация которой позволила исследовать системные связи и законы функционирования установки в целом [5]. Построены также модели основных аппаратов, реализующих технологический процесс очистки сточных вод. Из СП - моделей типовых аппаратов была синтезирована модель всей установки (рис. 2).

Аналитическое описание общей сети Петри
 $P = (p1, p2, p3, p4, p5, p6, p7, p8, p9, p10, p11, p12, p13, p14, p15, p16)$

$T = (t1, t2, t3, t4, t5, t6, t7, t8, t9, t10, t11)$

$O(t1) = \{ p1*1 \}$

$O(t2) = \{ p2*1 p3*1 \}$

$O(t3) = \{ p4*1 p5*1 \}$

$O(t4) = \{ p6*1 p15*1 \}$

$O(t5) = \{ p7*1 p6*1 p3*1 \}$

$O(t6) = \{ p6*1 \}$

$O(t7) = \{ p8*1 p12*1 \}$

$O(t8) = \{ p9*1 p10*1 p3*1 \}$

$O(t9) = \{ p11*1 p14*1 \}$

$O(t10) = \{ p13*1 \}$

$O(t11) = \{ p16*1 \}$

$I(t1) = \{ p2*1 \}$

$I(t2) = \{ p1*1 p4*1 \}$

$I(t3) = \{ p3*1 p6*1 \}$

$I(t4) = \{ p5*1 p16*1 \}$

$I(t5) = \{ p7*1 p5*1 p4*1 \}$

$I(t6) = \{ p5*1 \}$

$I(t7) = \{ p9*1 p11*1 \}$

$I(t8) = \{ p8*1 p10*1 p4*1 \}$

$I(t9) = \{ p12*1 p13*1 \}$

$I(t10) = \{ p14*1 \}$

$I(t11) = \{ p15*1 \}$

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

0 1 0 1 0 1 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1

0 1 0 1 0 1 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1

где $T = \{t_j\}$ – конечное непустое множество символов, называемых *переходами*, оцениваются исходя из количества условных порций продукции при непрерывной подаче в аппараты технологической схемы.

$P = \{p_i\}$ – конечное непустое множество символов, называемых *позициями*. В нашем случае – это множество аппаратов технологической схемы;

$I: P \times T \rightarrow \{0, 1\}$ – входная функция, которая для каждого перехода t_j задает множество его позиций $p_i \in I(t_j)$.

$O: P \times T \rightarrow \{0, 1\}$ – выходная функция, которая отображает переход в множество выходных позиций $p_i \in O(t_j)$.

$M: P \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$ – функция маркировки (разметки) сети, которая ставит в соответствие каждой позиции неотрицательное целое число, равное числу меток в данной позиции, которое меняется в процессе работы сети.

С использованием СП-модели нами разработан программный комплекс системы технологического модуля биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных, имитирующей функционирование очистки в виртуальном времени. Средствами SCADA-технологии TRACE MODE разработан программный комплекс системы управления технологическим процессом биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных.

На представленной (рис.3) основной экранной форме системы управления биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных отображены основные элементы установки.

Система управления технологическим процессом позволяет выполнять диспетчерский контроль основных элементов системы управления, оставаться системе биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных, и анализировать ее состояние как в целом, так и в целях прогнозирования развития нештатных ситуаций.

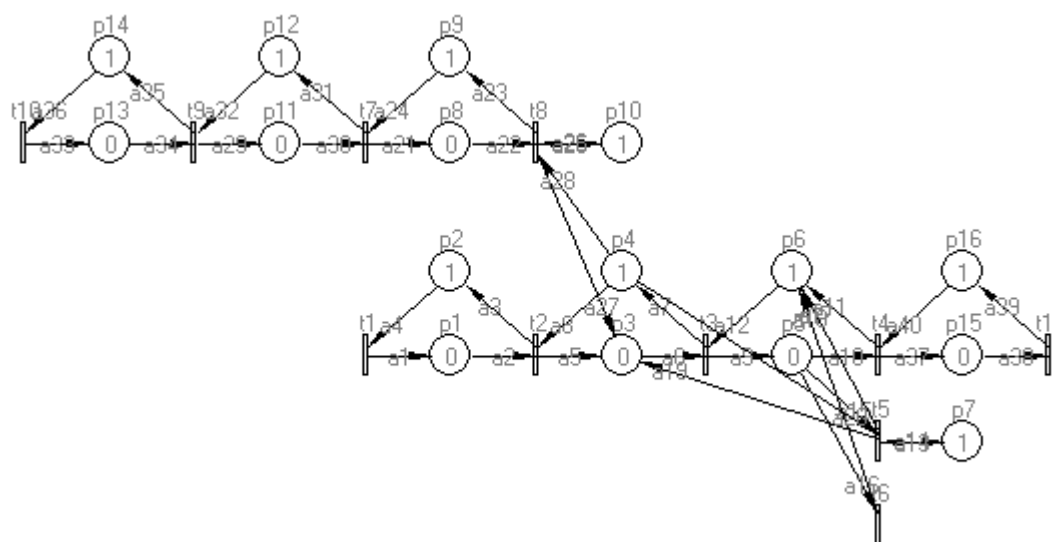


Рис. 2 - Модель технологического модуля в виде МСП

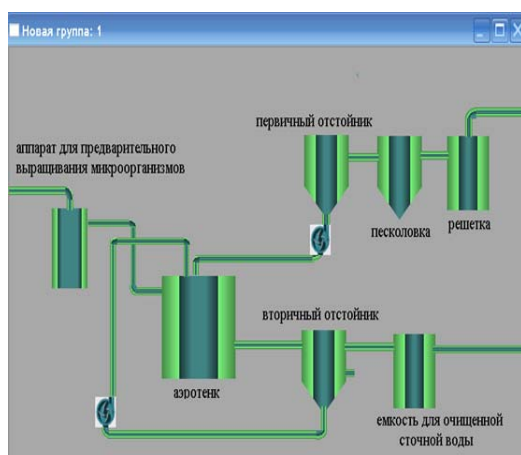


Рис. 3 - Основная экранная форма системы управления биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных

Выводы

1. Показана эффективность использования математического аппарата сетей Петри при моделировании процесса биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных
2. Построена математическая модель функционирования системы биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных, реализованная в виде модифицированной

сети Петри, позволяющая исследовать системные связи и законы функционирования установки в целом.

3. Разработан программный комплекс системы биохимической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных, позволяющий анализировать состояния системы очистки в целом и прогнозировать развитие внештатных ситуаций.

Литература

1. Ягафарова Г. Г., Леонтьева С. В., Пузин Ю. И., Рольник Л. З. Способ биологической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных. Патент на изобретение № 2269488 от 10.02.2006.
2. Закиров Р.К. Обогащение среды рост стимулирующими веществами при ультразвуковой обработке промышленных илов / Р.К. Закиров, Е.В. Пронина, Д.Г. Победимский, Ф.Ю. Ахмадуллина // Вест. Казан. технол. ун-та. – 2009. – №5 – С.319-326.
3. Кафаров В.В. Гибкие производственные автоматизированные системы химической промышленности / В.В. Кафаров // Журнал ВХО им. Д.И. Менделеева. – 1987. – Т. 32, № 3. – С. 252 – 258.
4. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Дж. Питерсон. - М.: Мир, 1984. – 32 с.
5. С.Н. Савдур Системный подход в моделировании технологического процесса очистки нефтесодержащих сточных вод / Савдур С.Н., Понкратова С.А.// Вест. Казан. технол. ун-та. – 2010. – №7 – С.218.

© Р. К. Закиров – канд. техн. наук, доцент каф. промышленной биотехнологии КНИТУ; С. Н. Савдур – канд. техн. наук, ассистент каф. экономико-математического моделирования Института управления, экономики и финансов К(П)ФУ, savdur.svetlana@yandex.ru.

© R. K. Zakirov - Ph.D., associate professor, KNRTU; S. N. Savdur - Ph.D., KP(F)U, savdur.svetlana@yandex.ru.