

УДК 628.35: 664

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

САВДУР СВЕТЛАНА НИКОЛАЕВНА

К.Т.Н., доцент
Институт управления, экономики и финансов ФГАОУ ВО
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Аннотация: Рассматривается технологический модуль очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности. 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 технологическим процессом очистки сточных вод.

Ключевые слова: сеть Петри, очистка сточных вод, пищевая промышленность, сложные системы, системный анализ.

MODELING OF WASTEWATER TREATMENT PROCESSES OF THE FOOD INDUSTRY

Savdur Svetlana Nikolaevna

Abstract: The article considers flexible technological module of wastewater treatment of food industry. It shows the expediency in using mathematical Petri network when modeling and designing technological module in oily water effluents treatment. A model in the form of modified Petri network is constructed. This model has become the basis for programmed of automated control system of technological processes module in oily water effluents treatment.

Key words: Petri net, Petri net, wastewater treatment, food processing, complex systems, system analysis.

Развитие пищевой промышленности, строительство новых и расширение существующих предприятий в настоящее время практически невозможно без решения проблемы очистки их высокозагрязненных стоков. Сточные воды предприятий отрасли относятся к категории высококонцентрированных стоков по содержанию органических загрязнителей. Загрязнения в таких сточных водах в основном находятся в виде трудноразделимых суспензий, эмульсий, коллоидных и молекулярных растворов. Кроме того, в сточные воды в значительных количествах поступают минеральные примеси и поверхностно-активные вещества (моющие средства), для сточных вод мясокомбинатов характерно наличие существенного микробного поражения [1].

Сложность состава сточных вод предприятий пищевой отрасли обуславливает многостадийность, комплексность технологических схем их очистки, 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 [2, с. 122].

Применение методов системного анализа определяет процедуру разработки системы управле-

ния установкой очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности, которая предусматривает составление математической модели на основе сетей Петри, что обеспечивает управление потоками в установке.

Технологическая схема очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности на рис.1[3].

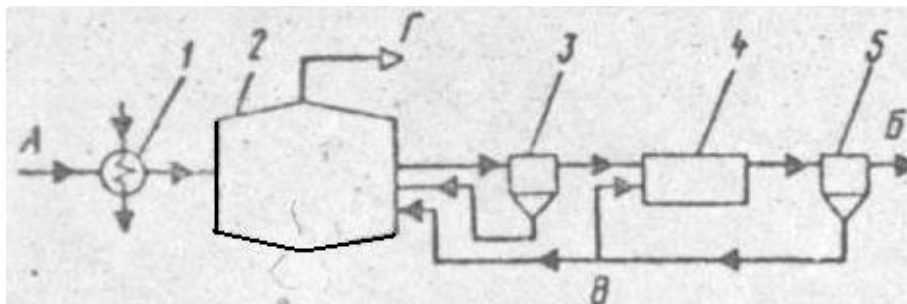


Рис. 1. Технологическая схема очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности

На рисунке изображены: 1 - подогреватель субстрата; 2 - метантенк; 3 - отстойник метантенка; 4 — аэротенк; 5 - отстойник аэротенка; А - субстрат; Б - очищенная жидкость, В - аэробный активный ил; Г – биогаз.

Технологический процесс очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности рационально может быть описан модифицированными сетями Петри[4, с. 138]. Для описания системы нами предлагается использование N-схем, опирающихся на математический аппарат сетей Петри, одним из достоинств которого является возможность представления сетевой модели как в аналитической форме, с возможностью автоматизации процесса анализа, так и в графической форме с обеспечением наглядности разрабатываемой модели.

При анализе технологических схем следует учитывать основное ограничение формализма N-схем, которое состоит в том, что они не учитывают временные характеристики моделируемых систем, так как время срабатывания перехода считается равным нулю. Учитывая эти условия, нами предложены модифицированные сети Петри (МСП). Модификация сетей Петри (МСП)- сеть Петри вида $S = \langle P, T, I, O, M, L, \tau_1, \tau_2 \rangle$,

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.

Срабатывание перехода мгновенно изменяет разметку $M(p) = (M(p_1), M(p_2), M(p_3) \dots M(p_n))$ на разметку $M'(p)$ по следующему правилу:

$$M'(p) = M(p) - I(t_j) + O(t_j) \quad (1)$$

Запись уравнения (1) означает, что переход t_j изымает по одной метке из каждой своей входной позиции и добавляет по одной метке в каждую из выходных.

$\tau_1: T \rightarrow N$ и $\tau_2: P \rightarrow N$ функции, определяющие время задержки при срабатывании перехода и время задержки в позиции.

Динамика выполнения МСП определяется движением меток, моделирующих движение дискретных потоков полупродуктов.

Таким образом, рассмотренная 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 очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности разработана математическая модель технологической схемы и ее программная реализация. Математическая модель системы очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности разработана в виде МСП, реализация, которой позволила исследовать системные связи и законы функционирования установки в целом [5, с. 232]. Построены также модели основных аппаратов, реализующих технологический процесс очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности. Из СП - моделей типовых аппаратов была синтезирована модель всей установки.

С использованием СП-модели нами разработан программный комплекс системы технологического модуля очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности, имитирующей функционирование очистки в виртуальном времени. Средствами SCADA-технологии TRACEMODE разработан программный комплекс системы управления технологическим процессом очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности. Система управления технологическим процессом позволяет выполнять диспетчерский контроль основных элементов системы управления, останавливать систему очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности анализировать ее состояние как в целом, так и в целях прогнозирования развития нештатных ситуаций [6, с. 225].

Список литературы

1. Поворов А.А., Павлова В.Ф., Шиненкова Н.А. Очистка сточных вод предприятий пищевой промышленности с использованием электрохимической деструкции [Электронный ресурс] // Водоподготовка и очистка сточных вод. Современные технологии очистки воды. URL: <http://zaobmt.com/index.php/articles/121-food-industry.html> (дата обращения: 12.02.2017).
2. Анаников С.В., Савдур С. Н., Басырова Д.И. Технологический модуль очистки сточных вод производства полимеров. // Вестник Казанского технологического университета. 2012. Т. 15, № 6. С. 121 - 125.
3. Очистка стоков промышленных предприятий. Технология и аппаратура искусственной биологической очистки сточных вод [Электронный ресурс] // Антология спиртового брожения (ферментации), дистилляция и ректификация этилового спирта (алкоголя). Производство водки. URL: http://www.sergeyosetrov.narod.ru/Documents/Waste_from_food_ind_plant_3.htm (дата обращения: 12.02.2017).
4. Анаников С.В., Азимов Ю.И., Савдур С. Н. Разработка систем управления оборотного водоснабжения в нефтехимических производствах // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16, № 2. С. 136 - 139.
5. Азимов Ю.И. Технологический модуль очистки нефтесодержащих сточных вод // Известия КазГАСУ. 2009. № 2 (12). С. 227 – 232.
6. Савдур С.Н., Понкратова С.А. Системный подход в моделировании технологического процесса очистки нефтесодержащих сточных вод // Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 7. С. 218 – 226.