

4. Покрас И.Б., Ахмедзянов Э.Р. Адаптация поверхностной триангуляции трехмерных моделей разработанных в САПР к моделированию задач обработки металлов давлением // Вестник Ижевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова, 2015. №1. С. 22–25.

5. Ivanov E.G. Automatic parallel generation of three-dimensional unstructured grids for computational mechanics // Вычислительные технологии, 2006. Т. 11. №1. С. 3–17.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА АКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ЕЕ ПРОИЗВОДНЫХ В ВИДЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ СЕТИ ПЕТРИ

Савдур С.Н.

ассистент кафедры экономико-математического моделирования
Института управления, экономики и финансов К(П)ФУ, канд. технич. наук,
Россия, г. Казань

Половкина Э.А.

доцент кафедры экономико-математического моделирования
Института управления, экономики и финансов К(П)ФУ, канд. эконом. наук,
Россия, г. Казань

Рассматривается технологический модуль биоочистки 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 биоочистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных.

Ключевые слова: сеть Петри, очистка сточных вод.

Акриловая кислота и ее производные являются крупнотоннажными продуктами, используемыми в лакокрасочном, горнодобывающем, целлюлозно-бумажном производстве. Прямой сток отработанных вод с заводов может вызвать сильное загрязнение окружающей среды вследствие их высокой токсичности [3].

Существующие в настоящее время химические и физико-химические способы очистки сточных вод от данных соединений довольно дороги, не всегда эффективны и трудоемки. Наиболее доступными, экономически рентабельными и достаточно эффективными являются микробиологические методы очистки воды, основанные на способности микроорганизмов использовать для своего метаболизма органические соединения в качестве единственного источника углерода и энергии [3].

Современные очистные сооружения крупных химических предприятий характеризуются сложной многоуровневой структурой, поэтому могут рас-

смаиваться 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].

Применение методов системного анализа определяет процедуру разработки системы управления установки биочистки сточных вод химического производства, которая предусматривает составление математической модели на основе сетей Петри, что обеспечивает управление потоками в установке.

Технологическая схема биологической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных представлена на рисунке [3].

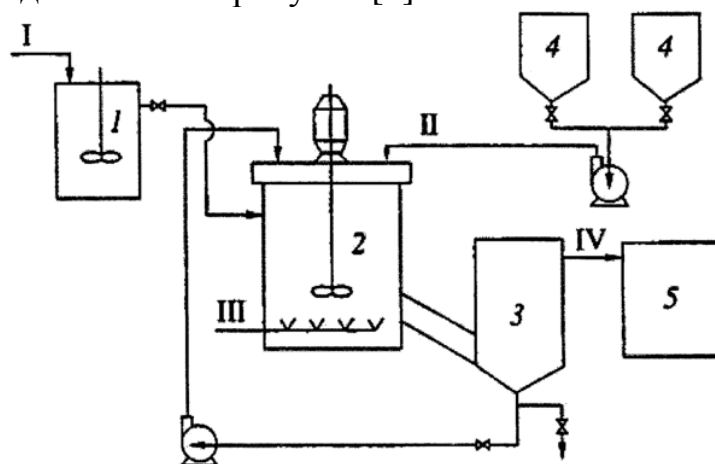


Рис. Технологическая схема биологической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных: 1 – аппарат для предварительного выращивания микроорганизмов, 2 – аэротенк, 3 – отстойник, 4 – емкость для подготовки модельная сточная вода (МСВ), 5 – емкость для очищенной сточной воды. Потоки: I – микроорганизмы, II – МСВ, III – воздух, IV – очищенная вода

Технологический процесс биологической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных рационально может быть описан модифицированными сетями Петри. 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 $C = \langle P, T, I, O, M, L, \tau_1, \tau_2 \rangle$, 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_i задает множество его позиций $p_i \in I(t_i)$.

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

$M: P \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$ – 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 биологической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных разработана математическая модель технологической схемы и ее программная реализация. Математическая модель системы биологической 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 [1]. Построены также модели основных аппаратов, реализующих технологический процесс биологической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных. Из СП – моделей типовых аппаратов была синтезирована модель всей установки.

С использованием СП-модели нами разработан программный комплекс системы технологического модуля биологической 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 биоло-

гической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных. Система управления технологическим процессом позволяет выполнять диспетчерский контроль основных элементов системы управления, останавливать систему биологической 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 внештатных ситуации.

Список литературы

1. Азимов Ю.И. Технологический модуль очистки нефтесодержащих сточных вод / Ю.И. Азимов, С. Н. Савдур // Известия КазГАСУ. – 2009. – № 2 (12). – С. 227 – 232.
2. 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.
3. Способ биологической очистки сточных вод предприятий химической промышленности производства акриловой кислоты и ее производных / Ягафарова Гузель Габдулловна, Леонтьева Светлана Валерьевна, Пузин Юрий Иванович, Рольник Любовь Зелиховна // Пат. 2269488 Россия, МПК{7} C 02 F 3/34%С 12 R 1/125 / – N 2004111201/13. – 2006.

ТРЕЩИНЫ И ДИСЛОКАЦИИ: СИСТЕМНЫЙ СТАТУС И УПРАВЛЕНИЕ

Сизиков В.П.

доцент кафедры высшей математики Омского государственного университета путей сообщения, канд. техн. наук, доцент,
Россия, г. Омск

С привлечением системной методологии в ранге ДИС-технологии установлен системный статус трещин в материале и дислокаций. На примере модели в ранге триады выявлены причины появления трещин в материале и варианты проявления дислокаций и возможности управления этими феноменами, согласующиеся с общеизвестными фактами.

Ключевые слова: гравитация, дислокация, ДИС-технология, режим, система, трещина, электромагнетизм.

Введение. Данная работа является продолжением [1–2] апробаций ДИС-технологии, которой присущи одновременно качества системной методологии, языка программирования на уровне оболочки экспертных систем и аппарата имитационного моделирования. ДИС-технология позволяет быстро получать на качественном уровне то, что обычно требует долгих исследований, проведения затратных и экологически вредных экспериментов. В данной работе это демонстрируется на примерах проявлений трещин в материале и дислокаций.

Вековые исследования и технические достижения, многообразие научной литературы по теме роста трещин в материале продолжают оставлять феномен образования трещин практически непредсказуемым. Как правило,