

Непрерывный рост нефтедобычи и потребление нефтепродуктов влечет значительное увеличение объемов нефтесодержащих сточных вод (НСВ), эффективная очистка которых является необходимым условием сохранения окружающей среды. Современные очистные сооружения крупных нефтехимических 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 [1]. Применение методов системного анализа определяет процедуру разработки системы управления установки очистки сточных вод нефтехимического производства, которая предусматривает составление математической модели на основе сетей Петри (СП), что обеспечивает управление потоками в установке. Технологическая схема опытно - промышленной установки очистки нефтесодержащих сточных вод (НСВ) представлена на рис.1 [2, 3]. Технология очистки НСВ реализуется в аппарате с использованием закрученных потоков с последовательным проведением и эффективной реализацией всех стадий механизма разрушения эмульсионной структуры гетерогенного потока НСВ по технологической схеме: гидроциклон - цилиндрические камеры верхнего и нижнего сливов - отстойник [2, 3]. Технологический процесс очистки сточных вод в опытно- промышленной установке 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. Рис. 1 - Технологическая схема опытно - промышленной установки: 1 - патрубок; 2 - гидроциклон; 3 - цилиндрическая камера; 4 - цилиндрическая камера; 5 - отстойник; 6 - нижний распределитель; 7 - верхний распределитель; 8 - перегородка; 10 - буферная зона; 11 - нефтесборник; 11' - нефтесборник; 12 - патрубок; 12' - патрубок; 13 - патрубок; 14 - отбойник; 15 - патрубок. 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 $C=$

, 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 $p_i I(t_j)$. $O: P \times T \rightarrow \{0, 1\}$ - выходная функция, которая отображает переход в множество выходных позиций $p_i O(t_j)$. $M: P \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$ - 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: $M'(p) = M(p) - I(t_j) + O(t_j)$ (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. $t_1: T \rightarrow N$ и $t_2: P \rightarrow N$ 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 НСВ разработана математическая модель технологической схемы и ее программная реализация. Математическая модель системы очистки НСВ разработана в виде МСП, реализация которой позволила исследовать системные связи и законы функционирования установки в целом [4]. Построены также модели основных аппаратов, реализующих технологический процесс очистки НСВ. Из СП моделей типовых аппаратов была синтезирована модель всей установки (рис. 2). С использованием СП-модели нами разработан программный комплекс системы технологического модуля очистки НСВ, имитирующей функционирование очистки в виртуальном времени. Средствами SCADA-технологии TRACE MODE разработан программный комплекс системы управления технологическим процессом очистки НСВ. Существенной особенностью разработанного программного комплекса системы управления технологическим процессом является его способность адаптироваться к технологическому модулю очистки НСВ любой мощности, как для установки в рамках отдельной бензоколонки (танкера), так и системы водоочистки крупных производств нефтехимии [5]. На представленной (рис.3) основной экранной форме системы управления очистки НСВ отображены основные элементы опытно - промышленной установки. Система управления технологическим процессом позволяет выполнять диспетчерский контроль основных элементов системы управления, останавливать систему очистки НСВ и анализировать ее состояние как в целом, так и в целях прогнозирования развития нештатных ситуаций [6]. На рисунке 2 изображены: 1 - гидроциклон; 2, 3 - цилиндрические

камеры; 4 - нижний распределитель; 5 - верхний распределитель; 6 - слой нефти; 7 - отстойник; 8 - буферная зона; 9 - емкость очищенной воды; 10 - емкость уловленной нефти. Рис. 3 - Основная экранная форма системы управления очистки НСВ

Выводы 1. Предложено использовать модификацию сетей Петри, ориентированную на моделирование и анализ дискретно-непрерывных систем, путем включения приоритетных переходов, времени задержки меток в позициях и переходах. 2. Построена математическая модель функционирования системы очистки нефтесодержащих сточных вод, реализованная в виде модифицированной сети Петри, позволяющая исследовать системные связи и законы функционирования установки в целом. 3. Разработан программный комплекс системы очистки сточных вод, позволяющий анализировать состояния системы очистки в целом и прогнозировать развитие внештатных ситуаций.