

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ АППАРАТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ  
УСТАНОВКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕПАРАЦИИ ГАЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ИМИТАЦИОННОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ**

**М. О. Писарев, И. М. Долганов, Е. Н. Сизова**

Научный руководитель, профессор Е. Н. Ивашкина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г.Томск, Россия*

В настоящее время, в технологии промышленной подготовки углеводородных газов зарекомендовал себя процесс низкотемпературной сепарации, основанный на извлечении жидких углеводородов из газов путем однократной конденсации при пониженных температурах от  $-10$  до  $-25^{\circ}\text{C}$ , с газо-гидромеханическим разделением равновесных газовой и жидкой фаз. Процесс отличается низкими капитальными вложениями и эксплуатационными расходами при наличии свободного перепада давления.

Сегодня для прогнозирования работы химического оборудования, в том числе, и в рамках проектирования новых установок, применяются моделирующие системы, описывающие их стационарные режимы работы [1-2].

Целью данной работы являлась разработка и использование имитационной динамической модели процесса низкотемпературной сепарации газа для прогнозирования показателей работы аппаратов действующей технологической установки.

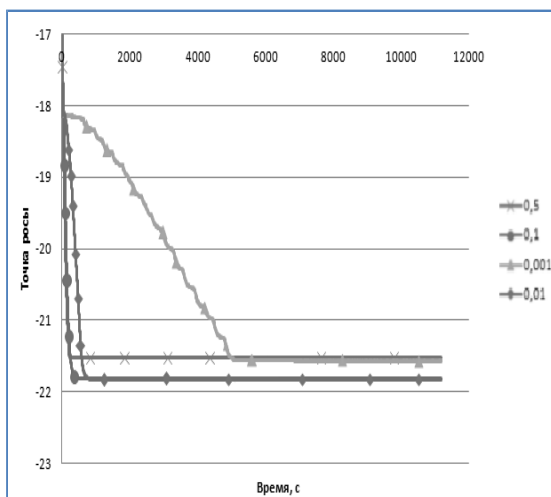
Построение имитационной динамической модели, включает в себя этапы моделирования отдельных аппаратов, входящих в технологическую схему установки.

Проводилось создание математической модели кожухотрубчатого теплообменника, математическое моделирование процессов разделения, регулирующих клапанов и эжекторного оборудования.

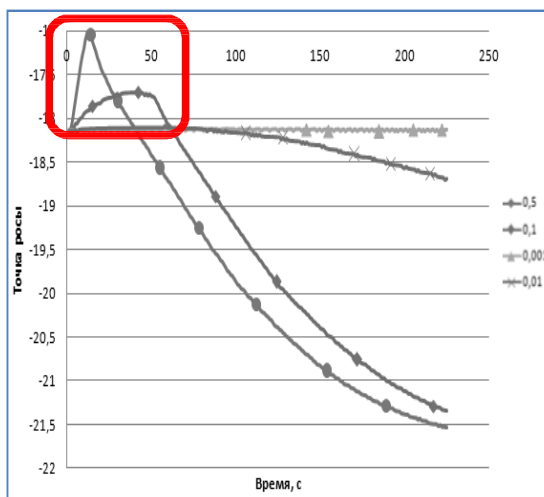
Было выполнено сравнение основных показателей работы установки НТС, рассчитанных по модели, с фактическими данными реально эксплуатируемой установки, а также с результатами расчета в одном из современных моделирующих пакетов химико-технологических процессов. Погрешность не превышает 10 %, что для области применения данного программного комплекса является удовлетворительным. При повышении давления в первом сепараторе с 5,57 МПа до 7,45 МПа расход жидкости уменьшается с 82 до 35 т./сут. Это объясняется наличием ретроградного явления.

При совершении возмущения на определенном участке технологической схемы изменение режимов работы аппаратов не происходит мгновенно, а распространяется постепенно. Причем, чем дальше находится аппарат от источника, тем большее количество времени необходимо на восприятие возмущения и возврат системы в стационарное состояние.

На рис 1а, 2а представлено поведение системы при изменении точки росы и давления сырья в аппараты. На рис 1б, 2б показано изменение этих же параметров в течение первых двух минут.

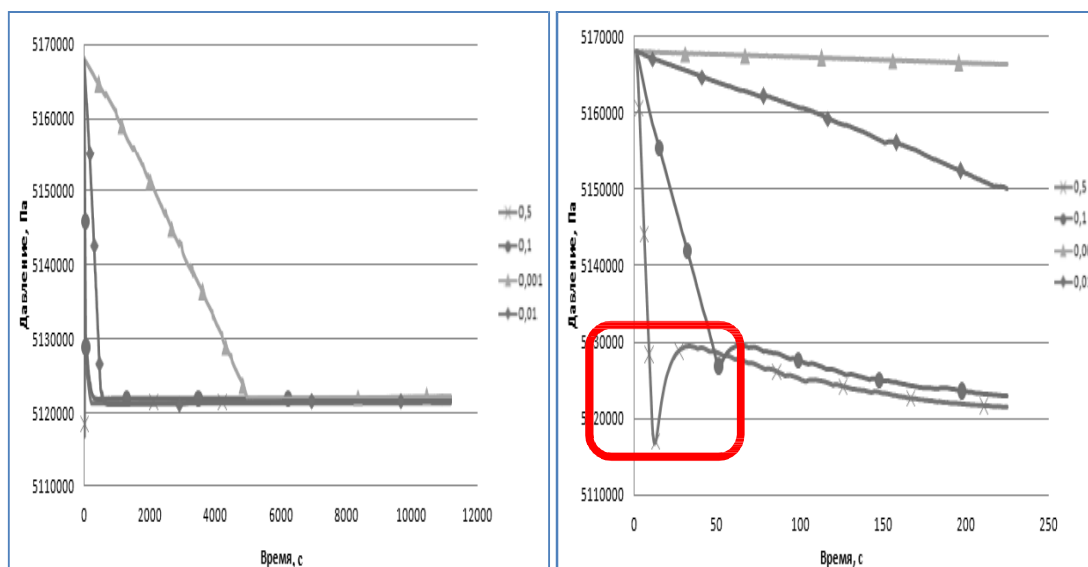


*Рис. 1а. Зависимость точки росы в сепараторе третьей ступени от скорости закрытия клапана*



*Рис. 1б. Зависимость точки росы в сепараторе третьей ступени от скорости закрытия клапана в течение первых 2 минут*

2 минут



**Рис. 2а. Зависимость давления в сепараторе третьей ступени от скорости закрытия клапана**

**Рис. 2б. Зависимость давления в сепараторе третьей ступени от скорости закрытия клапана в течение первых 2 минут**

В работе проведены исследования с применением разработанной динамической модели, при этом на систему осуществлялось воздействие за счет изменения степени закрытия регулирующих клапанов. В зависимости от скорости закрытия клапана мы можем наблюдать изменения точки росы и давления перед сепаратором третьей ступени.

Были выбраны скорости закрытия клапана 0,5; 0,1; 0,01 и 0,001.

На рис 1а можно увидеть, что при выбранных скоростях 0,5 и 0,1 наблюдается очень резкое снижение точки росы, что не удовлетворяет. Наиболее подходят скорости 0,01 и 0,001. На рис 1б мы можем наблюдать за системой в течение первых двух минут, откуда видно, что при первых выбранных скоростях в начале процесса, возникает резкое возрастание точки росы. Такого явления для других скоростей 0,01 и 0,001 не наблюдается, а происходит снижение точки росы постепенно.

На рис 2а и 2б можно увидеть резкий перепад давлений, который характеризует гидроудар, что отрицательно влияет на систему. На рис 2б при выбранной скорости 0,5 возникает очень сильный гидроудар, потому что давление очень сильно падает от 5167984 Па до 5119907 Па, затем начинает возрастать и постепенно устанавливается. Такую же картину можно наблюдать при скорости 0,1, но удар будет не такой силы, но все же он наблюдается. Если скорость закрытия клапана будет не большая, то гидроудара не наблюдается, что прослеживается по рисункам при выбранных скоростях 0,01 и 0,001.

Проанализировав, можно сказать, что наиболее приемлемой скоростью можно считать 0,01, так как при скоростях 0,5 и 0,1 наблюдается гидроудар и резкое снижение точки росы, а при 0,001 процесс протекает продолжительно.

Применение имитационной динамической модели, способной отражать в динамическом режиме переходные процессы в аппаратах химико-технологической системы, позволит оценить последствия перехода с одного стационарного режима на другой и определить их продолжительность.

Другое возможное применение имитационной динамической модели – формирование и развитие навыков управления установкой НТС в условиях нормальной эксплуатации и в нештатных ситуациях.

Таким образом, разработаны математические модели теплообменного, сепарационного, эжекционного оборудования и регулирующей арматуры химико-технологической системы процесса подготовки газа и газового конденсата. На основе математических моделей разработана имитационная динамическая модель процесса низкотемпературной сепарации газа, пригодная для использования в качестве компьютерного тренажера. Рассмотрен один из основных факторов, влияющих на эффективность процесса низкотемпературной сепарации газа: точка росы и давления.

#### Литература

1. Долганов И. М. , Иванчина Э. Д. , Кравцов А. В. , Киргина М. В., Романовский Р. В. , Францина Е. В. Система моделирования процесса получения линейных алкилбензолов с учетом рециркуляции сырья // Химическая промышленность сегодня. – 2012. – Вып. 1. –С.33–42.
2. Ивашкина Е.Н., Хлебникова Е.С., Беккер А.В., Белинская Н.С. Исследование процесса смешения реагентов в технологии алкилирования бензола этиленом с использованием методов вычислительной гидродинамики // Химическая промышленность сегодня. – 2014. – № 8. –С.46-56