

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННОЙ НА УСТАНОВКЕ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ

С.Н. Кондрашов, П.Н. Парамонов, А.Г. Шумихин, Н.И. Берсенёва (ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»)

*Рассматривается способ автоматического управления ректификационной колонной на установке замедленного коксования, который заключается в использовании в алгоритме термодинамических зависимостей и их производных для управления процессом фракционирования паров коксования как в статических, так и в динамических режимах с дополнительным введением специальных процедур регулирования отборов легкого и тяжелого газойлей при переключении коксовых камер. Способ позволяет повысить точность регулирования температур кипения целевых продуктов – бензина и легкого газойля.*

*Ключевые слова: нефтепереработка, установка замедленного коксования, ректификационная колонна, процесс разделения паров коксования, автоматическое управление.*

Процесс разделения паров коксования тяжелого нефтяного сырья на фракции относится к классу нестационарных, так как при переключении реакторов (коковых камер) происходят быстрые изменения скорости подачи и состава питания, поступающего в ректификационную колонну. При этом наблюдаются длительные переходные состояния с большими колебаниями качества и расхода получаемых дистиллятов. Большая дисперсия показателей качества целевых продуктов — бензина и легкого газойля (фракции дизельного топлива) приводит к увеличению степени налегания смежных фракций (T95%-T5%) и не позволяет поддерживать такие температурные границы деления фракций, которые бы обеспечивали уровень отбора светлых нефтепродуктов, близкого к потенциалу (максимально 95...96%).

Традиционный метод управления процессом разделения паров коксования на фракции в ректификационной колонне, используемый на установках замедленного коксования, включает: измерение расходов острого и циркуляционных орошений, расходов отбираемых фракций, расходов водяного пара в секции колонны, расхода жирного газа из рефлюксной емкости, значений давления и температуры в стриппингах колонны, уровня в аккумуляторе колонны, проведение лабораторных испытаний целевых продуктов и принятие решений оперативным персоналом по изменению расходов отбираемых фракций и расходов острого и циркуляционного орошений [1]. Однако при таком способе управления точность регулирования показателей качества отбираемых в ректификационной колонне фракций находится на низком уровне, так как возмущающие воздействия по линии подачи сырья в колонну не могут быть своевременно идентифицированы по данным дискретного низкочастотного анализа показателей качества продуктов фракционирования.

В настоящее время на ряде установок замедленного коксования внедрены системы многопараметрического управления, позволяющие эффективно перераспределять потоки продуктов и за счет этого уменьшать влияние возмущающих воздействий. Среди них наибольший интерес с точки зрения каче-

ства управления представляет система, работающая на нефтеперерабатывающем заводе, принадлежащем компании Yacimentos Petroliferos Fiscales (YPF) в г. Мендоса, Аргентина [2]. Эта система решает две задачи: управление качеством продуктов путем регулирования температурного профиля колонны в ходе обычной работы и управление отношением расходов газойлей при переключении коксовых камер. Сочетание указанных целей в одной программе многопараметрического управления обеспечивается включением в нее специальных алгоритмов для разъединения индивидуальных контуров управления. Данная стратегия основывалась на проектных расчетах, сделанных для конкретного типа нефтяного сырья. В целом реализация описанной системы управления дала существенные выгоды в результате регулирования качества продуктов, их расходов и минимизации энергопотребления. Однако структура системы многопараметрического управления требует точного знания состава сырья, и в условиях переработки сырья переменного состава не эффективна.

Авторами предложен принципиально новый подход к решению поставленной задачи, который заключается в использовании фундаментальных термодинамических зависимостей и их производных для управления процессом фракционирования паров коксования как в статических, так и в переходных режимах с дополнительным введением специальных процедур регулирования при переключении коксовых камер [3].

Сущность предлагаемого подхода заключается в автоматическом управлении процессом разделения паров тяжелого нефтяного сырья путем изменения расхода отбираемого легкого газойля и расходов острого и циркуляционного орошений сложной ректификационной колонны в зависимости от значений температур в секциях колонны. Значения температур рассчитываются по заданным значениям средних и конечных температур кипения отбираемых фракций, текущим значениям парциальных давлений этих фракций в секциях колонны, текущим значениям расходов паров в секциях колонны (патент РФ № 2144413).

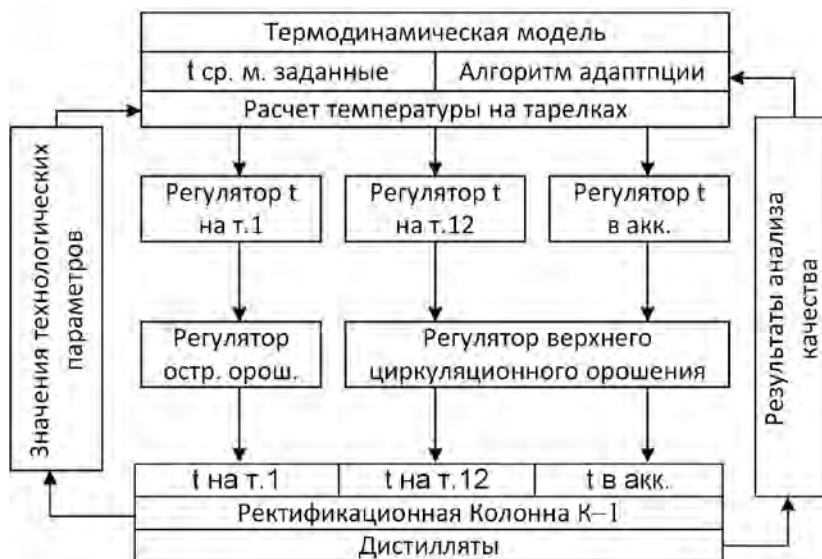


Рис. 1. Структурная схема алгоритма способа автоматического управления

Способ автоматического управления качеством дистиллятов ректификационной колонны на основе данного подхода реализован в АСУТП установки замедленного коксования 21–10 в распределенной системе управления RS3. Структурная схема алгоритма приведена на рис. 1.

Входными данными для модели являются значения температур в секциях колонны — TI0751 на тарелке 1, TI0852 на тарелке 12, TI0970 в аккумуляторе колонны, давление в секциях колонны — PI0730 сверху и PI0430 внизу колонны, значения расхода и температуры дистиллятов с установки FI0700 и TI0700 для бензина, FI0800 и TI0800 для легкого газойля, FI0900 и TI0900 для тяжелого газойля, значения расхода и температуры орошений FI0702 и TI0782 для острого орошения бен-

зином и FI0902 и TI982 для циркуляционного орошения тяжелым газойлем.

В качестве задания для модели используются значения желаемых объемных разгонок бензина, легкого и тяжелого газойлей и рассчитанные по этим разгонкам среднемольные значения температур кипения дистиллятов. Для коррекции коэффициентов модели (адаптации) используются результаты лабораторных анализов качества — значений объемных интегральных разгонок дистиллятов, получаемых два раза в сутки.

Алгоритмы расчета температур в секциях колонны реализованы в блоках управления "МАТМ функция" PCU RS3. Каждый блок имеет 16 аналоговых входов и один аналоговый выход, 16 логических шагов, в которых могут выполняться вычисления:

- пересчет объемных интегральных разгонок в массовые и расчет среднемольных температур кипения дистиллятов;
- пересчет объемных расходов дистиллятов и орошений в массовые расходы;
- расчет температур в секциях колонны;
- расчет среднемольных температур кипения дистиллятов при текущих значениях технологических параметров ректификационной колонны К-1.

Оператор установки вводит в экранную форму операторской станции системы управления желаемые значения объемных интегральных разгонок бензина, легкого и тяжелого газойлей (рис. 2).

Значения объемных разгонок пересчитываются в массовые, после чего выполняется расчет среднемольных температур кипения дистиллятов. Полученные значения среднемольных температур кипения дистиллятов оператор подтверждает путем повторного ввода в соответствующие поля экранной формы. Введенные оператором значения среднемольных температур кипения дистиллятов соответствуют заданному качеству, для обеспечения которого система рассчитывает значения температур в секциях колонны. Далее оператор еще раз оценивает рассчитанные по модели значения температур. Если они находятся в пределах, установленных технологическим регламентом, то, начиная с регулятора температуры на тарелке 1 и далее вниз по колонне с интервалом

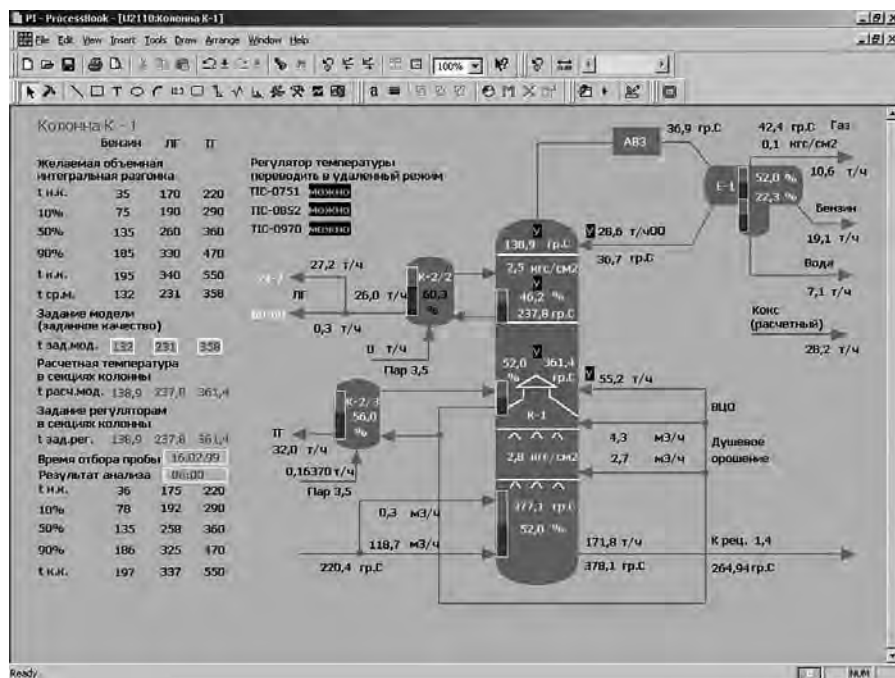


Рис. 2. Экранная форма операторской станции системы управления

Таблица 1. Желаемые объемные интегральные разгонки дистиллятов

1		, °C	35	170	220
2	10%	, °C	75	190	290
3	50%	, °C	135	260	360
4	90%	, °C	185	330	470
5		, °C	195	340	550

в 30 мин, переводит регуляторы температуры в секциях колонны в режим получения задания, рассчитанного по модели.

Выход блока управления Т0751 является заданием регулятору температуры на 1-ой тарелке (отборной тарелке бензина) колонны К-1 ПИС-0751, выход регулятора ПИС-0751 является заданием регулятору расхода орошения ПИС-0702. Таким образом, оба регулятора работают по каскадной схеме, что предусмотрено типовым проектным решением. Выход блока ПИ0752 является заданием регулятору температуры на 12-ой тарелке (отборной тарелке легкого газойля) колонны К-1 ПИС-0852, выход регулятора ПИС-0852 является заданием регулятору расхода верхнего циркуляционного орошения ПИС-0902. Выход блока Т0970 является заданием регулятору температуры в аккумуляторе колонны К-1 ПИС-0970 (отборная тарелка тяжелого газойля), выход регулятора ПИС-0970 подается на корректирующий вход регулятора расхода циркуляционного орошения ПИС-0902. Таким образом, регуляторы ПИС-0852 и ПИС-0970 также работают по каскадной схеме, что предусмотрено ти-

повым проектным решением, а регулятор ПИС-0902 — по каскадной схеме с коррекцией.

Регуляторы температуры в секциях колонны, изменяя расходы соответствующих орошений, стремятся установить текущие значения температур в секциях колонны равными заданным. Для сохранения процесса в ректификационной колонне в пределах рабочего режима, определенного технологическим регламентом, автоматический способ управления имеет ограничения на изменение значений технологических параметров. Выход параметра на граничное значение сигнализируется.

Управление температурой на отборной тарелке легкого газойля и в аккумуляторе колонны осуществляется изменением расхода верхнего циркуляционного орошения. При этом значительный приоритет имеет регулятор температуры на 12-ой тарелке ПИС-0852, а регулятор температуры в аккумуляторе колонны ПИС-0970 работает при условии, что ошибка регулирования температуры на 12-ой тарелке  $\leq 2^\circ\text{C}$ . Управление температурой в аккумуляторе колонны осуществляется путем плавного изменения значения расхода циркуляционного орошения, что достигается настройкой регуляторов температуры.

Проведено исследование разработанного автоматического способа управления, которое заключалось в проведении опытно-промышленного пробега установки 21-10. На первом этапе для управления качеством дистиллятов использовалось типовое проектное решение, на втором этапе — автоматический способ управления. Суть типового проектного решения по управлению

качеством дистиллятов заключается в стабилизации температур в секциях ректификационной колонны К-1 на регламентных значениях, полученных для усредненного количества и состава смеси питания, и незначительной их корректировке оператором-технологом в зависимости от результатов анализа качества дистиллятов. Суть автоматического способа управления заключается в управлении значениями температуры в секциях колонны К-1 в соответствии с изменением количества и состава паров коксования, поступающих на разделение, что обеспечивает заданное качество и отборы дистиллятов, близкие к потенциалу — содержанию светлых фракций в исходном сырье. Для расчета температуры в секциях колонны используется термо-

Таблица 2. Сравнительные результаты опытно-промышленного пробега

1		, /	85...95	85...95
2		, °C		
3		, °C	155...165	155...165
4		, / <sup>2</sup>		
5		, /	7,5...12,5	7,5...12,5
6		, <sup>3</sup> /	10...45	10...45
7		, °C		
8		, /	10,0...25,0	10,0...25,0
9		, °C	220...240	220...240
10		, / <sup>2</sup>		
11		, /	8,0...32,0	8,0...32,0
12		, %	45...50	30...80
13		, /	5...38	5...38
14		, <sup>3</sup> /	70...250	70...150
15		, /	20,0...33,0	20,0...33,0
16		, %	16,96	17,03
17		, %	19,49	26,89
18		, %	33...35	25...28
19	/	, °C	135/138...146	135/130...135
21	/	, °C	195/197...211	195/185...196
23	/	, °C	260/245...279	260/247...265
25	/	, °C	340/323...360	340/330...345
27		, °C	(12...46)	(3...41)
28		, °C	150	110

динамическая модель состояния многокомпонентной парожидкостной системы.

Для проверки качества функционирования автоматического способа были заданы следующие желаемые значения объемных интегральных разгонок дистиллятов (табл. 1).

В соответствии с желаемыми значениями объемных интегральных разгонок дистиллятов были рассчитаны среднемольные значения температуры кипения — для бензина 132°C, легкого газойля — 231°C, тяжелого газойля — 358°C, полученные значения среднемольных температур кипения дистиллятов были использованы в качестве заданных для алгоритма управления. Регуляторы в секциях колонны с интервалом в 30 мин поочередно, начиная с регулятора температуры на тарелке 1, тарелке 12 и заканчивая регулятором температуры в аккумуляторе, были переведены в режим получения задания рассчитанного по модели.

В течение всего времени опытно-промышленного пробега управление качеством дистиллятов осуществлялось в автоматическом режиме. Для коррекции коэффициентов модели два раза в сутки вводились результаты анализа качества дистиллятов. Результаты пробега установки приведены в табл. 2.

Из результатов опытно-промышленного пробега, представленных в табл. 2, следует, что способ автоматического управления качеством дистиллятов обеспечивает:

- 1) увеличение отбора дистиллятов за счет управления температурным профилем колонны в динамических режимах;
- 2) смещение среднемольных температур кипения и температур окончания кипения дистиллятов к заданному значению;
- 3) значительное уменьшение отклонения между заданными и фактическими значениями среднемольных температур кипения дистиллятов.

#### Список литературы

1. Бендеров Д.И., Походенко Н.Т., Брондз Б.И. Процесс замедленного коксования в необогреваемых камерах. М.: Химия, 1976.
2. Джайсингани Р., Минтер Б., Тика А., Пулгеси А., Охеда Р. Усовершенствованное управление ректификационной колонной на установке замедленного коксования // Нефтегазовые технологии. 1994. №3.
3. Кондрашов С.Н., Мустафин А.И., Буракова А.Е. Управление процессом ректификации бензиновых фракций с использованием аналитической зависимости «температура — давление — качество дистиллята» // Автоматизация в промышленности. 2014. № 1.

**Кондрашов Сергей Николаевич** — канд. техн. наук, доцент,  
**Парамонов Павел Николаевич** — аспирант, **Шумихин Александр Георгиевич** — д-р техн. наук, проф.,  
 заведующий кафедрой «Автоматизация технологических процессов и производств»,  
**Берсенёва Наталья Ивановна** — магистрант Пермского национального исследовательского  
 политехнического университета.  
 Контактный телефон (342) 220-76-08.  
 E-mail: Sergej.Kondrashov@pnos.lukoil.com

#### ЛАНИТ и театр им. Ермоловой: как технологии меняют формы общения со зрителем

Сотрудничество театра и ЛАНИТ началось в 2012 г., когда театр Ермоловой переживал важные изменения, связанные с приходом на должность художественного руководителя народного артиста России О. Е. Меньшикова. В этот момент произошли изменения в репертуаре. Был сделан ремонт на основной сцене. Началось активное строительство Новой сцены. В какой-то момент стало понятно, что Театру необходимо современное оборудование и информационные технологии.

Проникновение ИТ-решений в жизнь театра началось с создания системы on-line-трансляции спектаклей и другого видеоконтента на видеопанель, установленную в одном из окон фасада театра на Тверской улице. Опыт использования системы оказался успешным, и к открытию в сентябре 2015 г. 90-го юбилейного сезона видеопанели появились во всех четырех окнах фасада. Теперь потенциальный зритель может видеть информацию о репертуаре Театра и его актерах, творческих вечерах и специальных программах, приуроченных к определенным датам или событиям, а создание видеороликов стало неотъемлемой частью жизни обновленного Ермоловского театра.

В 2013 г. возникла идея поставить спектакль «Портрет Дориана Грея» использованием возможностей информационных технологий в качестве средств выразительности. В этом спектакле важную роль играла видеоинсталляция. Производственного опыта для создания мультимедийной постановки в театре не было, но уже на уровне замысла спектакль был смелым экспериментом для отечественной театральной среды. Специалистам ЛАНИТ, наряду с внедрением современного оборудования, предстояло подобрать наиболее удобные и надежные решения.

При работе над спектаклем «Портрет Дориана Грея» специалисты компании Ланит с самого начала участвовали в про-

изводственных совещаниях постановочной группы. По ходу проведения репетиций и подготовки спектакля приходили новые идеи, задача корректировалась. Все конструктивные элементы разрабатывались под заказ. Контент и графика дорабатывались по ходу репетиций. Режиссер искал идеальную композицию между положением оборудования, актеров на сцене и транслируемого контента. Здесь невозможно было выполнить работы по заранее разработанной документации. Этим и был интересен проект.

В ходе работы над «Портретом Дориана Грея» возникла необходимость в привлечении видеоинженеров. В результате в Театре появилась новая служба, специалисты которой занимаются созданием видеоконтента.

Первое время при подготовке к спектаклю «Портрете Дориана Грея» мультимедийные декорации монтировались иногда более суток, поэтому приходилось играть один спектакль два дня подряд. Сейчас эти работы выполняются гораздо быстрее и без сбоев.

Портрет Дориана Грея» третий сезон подряд собирает полный зал и остается одним из самых ярких спектаклей Театра. После него была постановка «Адам и Ева/Шейпинг», для которой ЛАНИТ предоставил современное оборудование. Используются информационные технологии и в премьеры 2016 г. — спектакле «Счастливики». Это антиутопическая история о сложных взаимоотношениях в 2080-м г. между старостью и политикой государства по сокращению населения планеты.

Кроме этого, в рамках юбилейной программы «Ермоловский +» на Новой сцене стартовали показы документальных фильмов. Это стало возможным благодаря оснащению Театра современным оборудованием и внедрению передовых ИТ-решений.

[Http://www.lanit.ru](http://www.lanit.ru)