

УДК 681.5

ЗАДАЧА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ РЕКТИФИКАЦИИ НЕФТИ И МЕТОД ЕЕ РЕШЕНИЯ

Дмитриевский Борис Сергеевич¹,
dmiboris@yandex.ru

Затонский Андрей Владимирович²,
z Xenon@narod.ru

Тугашова Лариса Геннадьевна³,
tugashova@yandex.ru

¹ Тамбовский государственный технический университет,
Россия, 392000, г. Тамбов, ул. Советская, 10б.

² Березниковский филиал Пермского национального исследовательского политехнического университета,
Россия, 618404, г. Березники, ул. Тельмана, 7.

³ Альметьевский государственный нефтяной институт,
Россия, 423450, г. Альметьевск, ул. Ленина, 2.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью поддержания требуемого качества и увеличения выхода светлых нефтепродуктов на маломощных нефтеперерабатывающих установках в условиях переменного состава и расхода сырья. Проблемы повышения качества управления обостряются в условиях малых нефтеперерабатывающих заводов. Не имея собственной добывающей базы, малые нефтеперерабатывающие заводы вынуждены закупать нефть партиями у разных добывающих организаций, в связи с чем на переработку часто поступает сырье с разным составом. Одним из препятствий на пути создания систем управления процессами ректификации нефти является необходимость использования лабораторных данных показателей качества нефтепродуктов. Это вынуждает использовать упрощенные алгоритмы управления, способные работать на основании данных, поступающих с большой задержкой.

Цель: достижение максимального отбора нефтепродуктов заданного фракционного состава на атмосферной установке ректификации нефти в условиях переменного расхода и состава сырья путем совершенствования системы управления.

Объекты: атмосферная установка ректификации нефти малой мощности (менее 500 тыс. тонн в год).

Методы исследования основаны на использовании теории автоматического управления, теории тепло-массообмена, методов математического и имитационного моделирования.

Результаты. Поставлена задача управления процессом ректификации нефти на атмосферной установке ректификации нефти малой мощности. Определены особенности объекта управления. Выполнен выбор входных и выходных параметров объекта исследования и критерия оптимизации. Предложен метод управления с применением математических моделей процесса. Приведена структура системы управления с применением Matlab. Реализация предлагаемого метода обеспечивает увеличение отбора светлых нефтепродуктов, снижение изменчивости температур кипения светлых нефтепродуктов.

Ключевые слова:

Ректификация нефти, управление, модель процесса, показатели качества, светлые нефтепродукты, стабилизация режимных параметров.

Введение

Качество управления является частным показателем эффективности управления технологическим процессом. Основными показателями эффективности процесса ректификации являются: технико-экономические (прибыль, себестоимость) [1], технологические показатели (показатели качества продуктов – вязкость, плотность, температура вспышки и т. д.) [2], показатели качества регулирования динамических процессов, показатели надежности систем управления (безопасность, отказоустойчивость), энергозатраты [3], термодинамическая эффективность разделения и другие.

Важным начальным этапом исследования является определение особенностей объекта и выбор основных входных и выходных параметров. Вектор управляющих воздействий характеризует технологические, информационные и интеллектуальные потоки. Вектор состояний определяет функци-

онирование системы, которое зависит от технологических, технико-экономических или инновационных параметров [4, 5].

Степень эффективности организации процесса определяется критерием – целевой функцией или критерием оптимизации. В работах [6, 7] применен один из подходов к управлению процессом ректификации – декомпозиция глобального критерия эффективности производства на критерии оптимизации на локальном уровне. Оптимизация статических режимов процесса ректификации в отечественной литературе наиболее подробно рассмотрена в работах И.В. Анисимова, В.И. Бодрова [8]. Динамические критерии параметрически или интегрально зависят от времени. Для этих целей часто применяются программные пакеты динамического моделирования (PRO/II, Chemcad [9], Aspen HYSYS и Aspen ONE [10], UNISIM Design и другие).

Одной из актуальных проблем современной нефтеперерабатывающей промышленности является повышение качества основных видов нефтепродуктов, увеличение выхода светлых нефтепродуктов и, следовательно, экономической эффективности их производства. Решение перечисленных проблем возможно не только за счет модернизации самих нефтеперерабатывающих установок, но и путем создания высокоэффективных систем управления процессами нефтепереработки.

В настоящее время применяются различные подходы к управлению процессом ректификации: на основе типового проектного решения [11], с применением методов искусственного интеллекта [12–14], робастные системы [15], системы с компенсаторами перекрестных связей и возмущений [16–19], с *LQR*-регулятором [20] и другие.

Постановка задачи управления

Основным аппаратом атмосферной установки ректификации нефти малой мощности является

атмосферная колонна К-1, к вспомогательным аппаратам относятся аппарат воздушного охлаждения АВО, флегмовая емкость ФЕ, отпарная колонна К-2 (рис. 1).

Объект управления характеризуется входными и выходными параметрами (рис. 2). Все параметры можно разделить на 4 группы и представить в векторной форме:

1. Вектор управляющих воздействий U :
 - расход острого орошения LT , расход дизельного топлива DT , расход перегретого пара $Z1$, расход мазута W , расход бензиновой фракции B .
2. Вектор возмущающих воздействий V :
 - F_n – расход сырья (нефти);
 - PS – состав сырья (нефти).
3. Векторы промежуточных (режимных) параметров:
 - вектор температур на выходе атмосферной колонны T (температура верха TB , температура дизельного топлива TD , температура

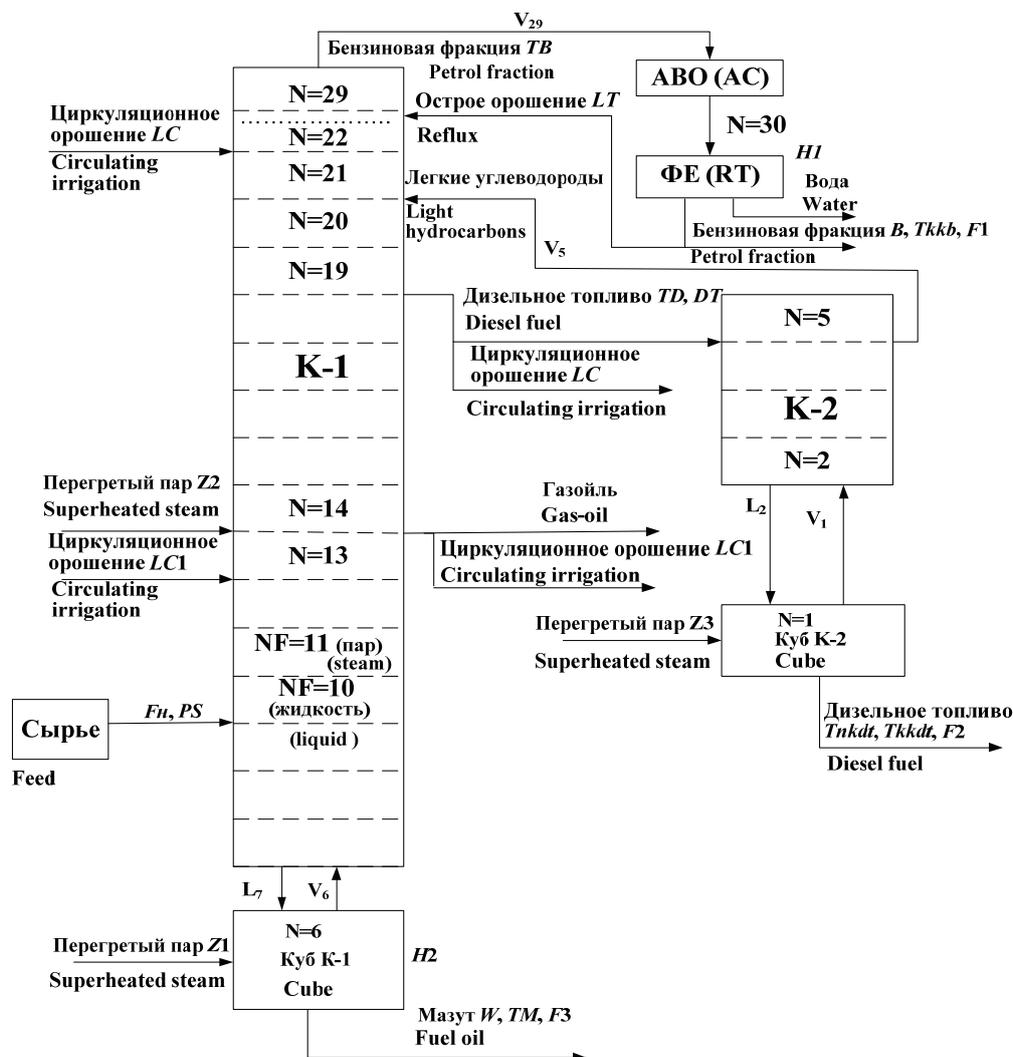


Рис. 1. Схема потоков атмосферной установки ректификации нефти

Fig. 1. Flow chart of atmospheric installation for crude oil distillation

- мазута TM), определяющий температурный профиль;
 - вектор уровней H (уровень во флегмовой емкости $H1$, уровень в кубе атмосферной колонны $H2$);
 - расход циркуляционного орошения $LC1$, $LC2$.
4. Векторы выходных (управляемых) параметров:
- вектор показателей качества нефтепродуктов Q (фракционный состав бензиновой фракции; фракционный состав дизельного топлива);
 - вектор отборов фракций F (отбор бензиновой фракции $F1$, отбор дизельного топлива $F2$, отбор мазута $F3$).

Возмущающие воздействия – расход сырья (измеряется непрерывно), фракционный состав сырья не измеряется, фракционный состав выходных величин определяется лабораторным способом с частотой 1 раз в сутки, режимные параметры измеряются непрерывно.

Можно выделить следующие особенности объекта.

1. Переменный состав и расход сырья (нефти). Нефть поступает на переработку маломощной установки из разных месторождений различными способами: железнодорожным, автомобильным транспортом, и может меняться на 10–15 % и более в течение месяца, в отличие от крупнотоннажных установок, которые подключены к магистральному трубопроводу.
2. Конструктивные особенности атмосферной колонны установки ректификации нефти малой

мощности: наличие накопительной («глухой») тарелки (не имеющей перелива на нижележащую тарелку). Отбираемая с нее боковая фракция поступает на орошение нижней части атмосферной колонны. Стандартные схемы отвода тепла с промежуточным циркуляционным орошением (как в крупнотоннажной установке) не применяются. Это приводит к другим процессам тепло-массообмена и другим взаимосвязям между параметрами объекта (рис. 3). Взаимосвязи расходов промежуточных циркуляционных орошений и температур отбираемых фракций отсутствуют. Но присутствуют взаимосвязи между расходами отбираемых фракций и температурами по профилю колонны. Конструктивные особенности приводят к запаздыванию по каналам управления температурой на отборных тарелках.

Цель управления – достижение максимального отбора нефтепродуктов заданного фракционного состава в условиях переменного расхода и состава сырья.

Критерий оптимизации – отбор на нефть (или относительный отбор, %) светлых нефтепродуктов (бензиновой фракции и дизельного топлива):

$$\Phi = F1 + F2. \quad (1)$$

Выбор критерия (1) обусловлен необходимостью более полного извлечения из нефти потенциала светлых нефтяных фракций.

Задача управления атмосферной установкой ректификации нефти малой мощности (2) формулируется следующим образом: найти оптимальные решения по управлению атмосферной установкой ректификации нефти малой мощности, при кото-



Рис. 2. Входные и выходные параметры объекта управления

Fig. 2. Input and output parameters of the control object

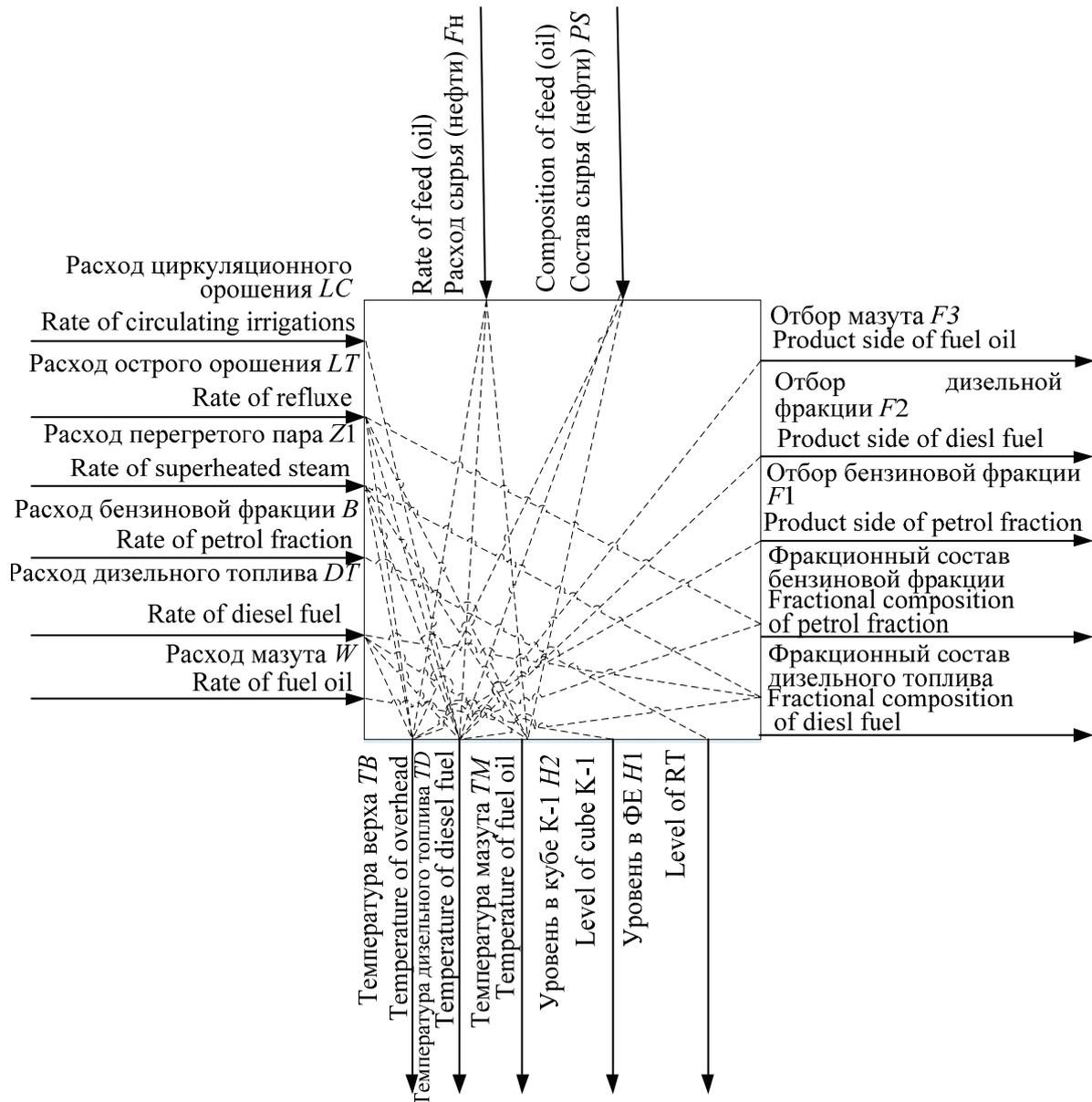


Рис. 3. Взаимосвязи параметров объекта управления

Fig. 3. Relationships of the control object parameters

рых достигается максимум отбора нефтепродуктов Φ с учетом воздействия возмущений V и заданных ограничений на фракционный состав Q :

$$F \left(\begin{matrix} TB, TD, TM, F_n, PS, Tkkdt, \\ Tnkdt, Tkkb, LT^*, DT^*, Z1^* \end{matrix} \right) = \max_{\{LT, DT, Z1\} \in U} \Phi, \quad (2)$$

$$\{LT, DT, Z1\} \in U;$$

$$\{TB, TD, TM\} \in T;$$

$$\{F_i, PS\} \in V;$$

$$\{Tkkdt, Tnkdt, Tkkb\} \in Q;$$

при ограничениях:

$$162 \leq Tkkb \leq 180;$$

$$170 \leq Tnkdt \leq 200;$$

$$302 \leq Tkkdt \leq 357; \text{ (летнее)}$$

$$288 \leq Tkkdt \leq 325; \text{ (зимнее)}$$

$$(Tkkb - Tnkdt) \leq 15;$$

$$\underline{PS} \leq PS \leq \overline{PS};$$

$$\underline{F_i} \leq F_i \leq \overline{F_i};$$

$$\underline{U_i} \leq U_i \leq \overline{U_i}, \quad i = \overline{1, n};$$

$$\underline{T_l} \leq T_l \leq \overline{T_l}, \quad l = \overline{1, p};$$

$$\underline{Q_j} \leq Q_j \leq \overline{Q_j}, \quad j = \overline{1, m};$$

где $\{LT, DT, Z1\}$ – решения по управлению; U – вектор управляющих воздействий; T – вектор температур на выходе атмосферной колонны; V – вектор возмущающих воздействий; Q – вектор фракционного состава.

Анализ существующих подходов к управлению атмосферной установкой ректификации нефти показал, что применяемые в них методы управления не обеспечивают стабилизацию показателей качества нефтепродуктов и не являются достаточно эффективными в условиях воздействия возмущений (расхода сырья, состава сырья) и взаимосвязанности параметров.

На основании выявленных недостатков сделан вывод о том, что главная причина сложившейся ситуации заключается в отсутствии оперативного контроля показателей качества светлых нефтепродуктов и системы управления, обеспечивающей компенсацию возмущений и перекрестных связей. При применении схем с компенсаторами возмущений и компенсаторами перекрестных связей для объектов с большим числом параметров затруднительна практическая реализация. Для нелинейных многомерных объектов (каким является атмосферная установка ректификации нефти) такие системы обеспечивают необходимое качество регулирования при малых возмущениях [21].

Результаты анализа показали, что усовершенствование управления процессом ректификации нефти должно заключаться в использовании системной управления:

- расчетных значений показателей качества нефтепродуктов;
- промежуточных параметров в контуре управления;
- управляющих воздействий, определенных по модели процесса, учитывающей взаимосвязанность параметров.

Сущность предлагаемого решения заключается в следующем.

Для достижения цели управления предлагается концепция управления атмосферной установкой ректификации нефти, сочетающая:

- 1) стабилизацию промежуточных параметров,
- 2) сведение задачи управления отбором нефтепродуктов заданного фракционного состава к управлению температурным режимом установки.

1. Уровень во флегмовой емкости стабилизируется изменением расхода бензиновой фракции из емкости регулятором уровня. Уровень в кубе атмосферной колонны стабилизируется изменением расхода мазута регулятором уровня. Расходы циркуляционных орошений поддерживаются постоянными.

Задача стабилизации температур на отборных тарелках заключается в поддержании температуры бензиновой фракции T_B , температуры дизельного топлива T_D , температуры мазута T_M на выходе из атмосферной колонны на заданных значениях в случае нарушения режима из-за изменения расхода сырья. Стабилизация осуществ-

ляется путем изменения расходов верхнего орошения LT , расхода дизельного топлива DT , расхода перегретого пара $Z1$. Для решения задачи стабилизации температурного профиля атмосферной колонны применение компенсаторов возмущений и перекрестных связей и типовых регуляторов не обеспечивает необходимое качество регулирования. Поэтому предлагается способ управления с использованием математической модели. Для решения этой задачи необходимо разработать динамическую модель процесса ректификации и модели показателей качества нефтепродуктов.

При заданных диапазонах возмущающих воздействий (расход нефти, поступающей на атмосферную установку ректификации нефти F_n) необходимо найти такой вектор управляющих воздействий $U=(LT,DT,Z1)$, при котором достигается

минимум невязки $S = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^N (T_{ij} - T_{zij})^2$ (3) при вы-

полнении связей в форме уравнений динамической модели процесса ректификации и ограничений на температуру конца кипения бензиновой фракции, на температуру начала кипения дизельного топлива, на температуру конца кипения дизельного топлива, на наложения (пересечения) соседних фракций:

$$F \left(\begin{matrix} TB, TD, TM, F_n, PS, Tkkdt, \\ Tnkdt, Tkkb, LT^*, DT^*, Z1^* \end{matrix} \right) = \min_{\{LT, DT, Z1\} \in U} S, \quad (3)$$

где m – число точек температурного профиля (температура сверху колонны, дизельного топлива, мазута); N – число точек процесса; T_{ij} , T_{zij} – текущие и заданные температуры на отборных тарелках.

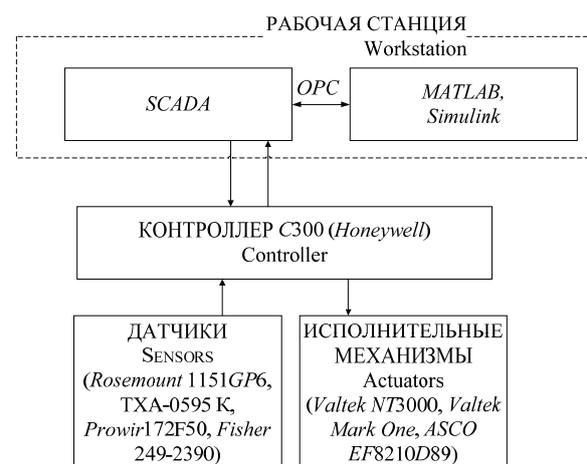


Рис. 4. Структура системы управления с участием Matlab [23]

Fig. 4. Structure of the control system involving Matlab

2. Управление температурным режимом установки производится путем воздействия на задания по температуре на отборных тарелках. В этом слу-

чае задания по температуре рассматриваются как управляющие воздействия.

В зависимости от состава нефти температуры на отборных тарелках атмосферной колонны разные. Следовательно, для решения второй задачи необходимо построить модель, позволяющую перейти от содержания фракций в нефти к температурам, которые можно контролировать непосредственно.

Необходимо определить вектор температур отбираемых нефтяных фракций в зависимости от состава нефти (потенциального содержания фракций в нефти PS), при котором целевая функция Φ достигает максимального значения:

$$F(TB^*, TD^*, TM^*, F_n, PS, Tkkdt, Tnkdt, Tkkb, LT, DT, Z1) = \max_{\{TB, TD, TM\} \in T} \Phi, \quad (4)$$

выполняются связи в форме уравнений модели вида $\Phi=f(T(PS))$ и уравнения кривой истинных температур кипения (ИТК) нефти.

По ИТК нефти определяют потенциальное содержание фракций в нефти и физико-химические свойства нефтяных фракций.

Для решения второй задачи (4) необходимо построить статическую модель вида $\Phi=f(T(PS))$, а также модель ИТК нефти.

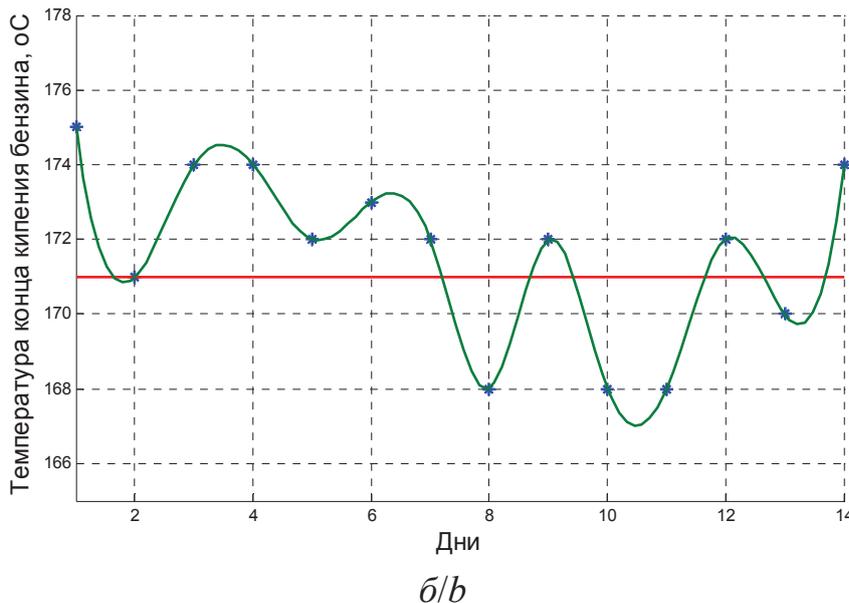
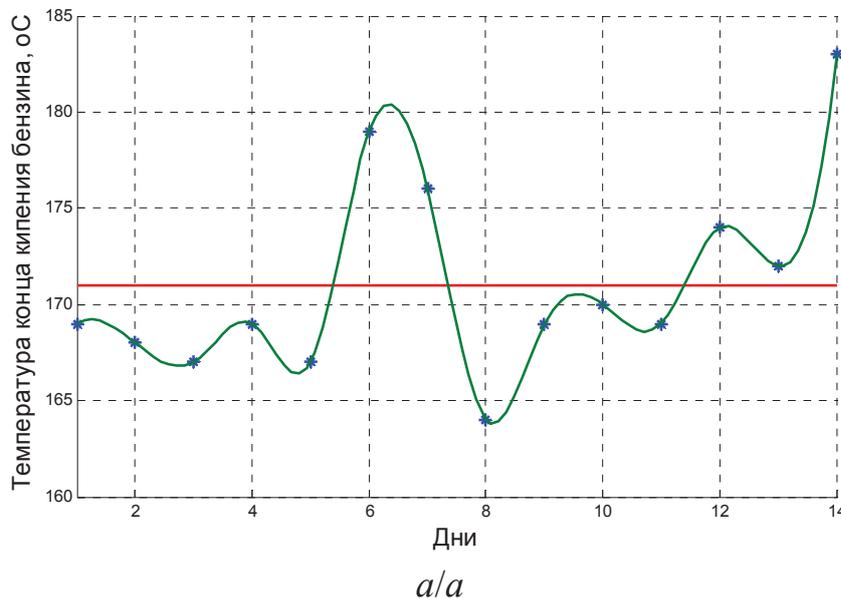


Рис. 5. Диапазоны изменения температур кипения бензиновой фракции до (а) и после (б) управления по модели

Fig. 5. Ranges of change in boiling points of gasoline fraction before (a) and after (b) control by the model

Реализация и полученные результаты

Для решения поставленной задачи с применением пакета *Matlab* разработано программное обеспечение [22]. На рис. 4 [23] показана структура системы управления нефтеперерабатывающей установкой малой мощности с участием *Matlab*.

Модели показателей качества нефтепродуктов корректируются с поступлением новых результатов анализа из химико-аналитической лаборатории (ХАЛ) и данных контрольно-измерительных приборов, к которым есть доступ в *Excel*. Модель ИТК нефти получена с применением справочной литературы и данных ХАЛ. Кроме того, в случае воздействия возмущения в виде расхода сырья температуры на отборных тарелках поддерживаются на заданном значении. Способ управления по модели обеспечивает увеличение отбора светлых нефтепродуктов на 2,6 %, а также снижение среднего квадратического отклонения (СКО) температур конца кипения светлых нефтепродуктов.

На рис. 5 приведен пример снижения изменчивости температур конца кипения бензиновой фракции.

На рис. 5, а показаны значения изменения температуры конца кипения бензиновой фракции при управлении установкой по проектному решению, примененному в предыдущий переходный период, а на рис. 5, б – за аналогичный период времени, но при управлении по модели. При сравнении результатов видно снижение изменчивости температур конца кипения и отсутствие выхода параметра за заданные пределы. СКО по параметру уменьшилось с 5,18 до 3,37.

Заключение

Таким образом, проведен анализ существующих подходов к управлению атмосферной установкой ректификации нефти; предложена концепция управления атмосферной установкой ректификации нефти, сочетающая стабилизацию промежуточных параметров и сведение задачи управления отбором нефтепродуктов заданного фракционного состава к управлению температурным режимом установки; поставлена и решена задача управления процессом ректификации нефти по критерию максимизации отбора на нефть светлых фракций при ограничениях на показатели качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Овчаров С.Н. Комплексная переработка нефтегазоконденсатных смесей на малагабаритных установках: автореф. дис. ... д-р техн. наук. – Астрахань, 2010. – 47 с.
2. Исследование моделей виртуальных анализаторов массообменного технологического процесса ректификации / Г.Б. Дигго, Н.Б. Дигго, И.С. Можаровский, А.Ю. Торгашов // Информатика и системы управления. – 2011. – № 4. – С. 17–27.
3. Halvorsen I.J., Halvorsen I.J., Skogestad S. Minimum energy consumption in multicomponent distillation // *Industrial and Engineering Chemistry Research*. – 2003. – № 42. – P. 616–629.
4. Программно-алгоритмический комплекс защиты и управления предприятием / Б.С. Дмитриевский, В.Г. Матвейкин, В.И. Медников, С.Г. Семержинский // Программные продукты и системы. – 2017. – № 2. – С. 307–313.
5. Управление инновационным развитием наукоемкой производственной системы / В.Г. Матвейкин, Б.С. Дмитриевский, О.В. Дмитриева, В.Р. Разиева, М.В. Сивова // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. – 2016. – № 3 (61). – С. 146–152.
6. Кузнецов В.Г., Тыщенко В.А. Контроль температур раздела и наложений смежных фракций нефти как способ сопряжения глобального и локального критериев оптимизации // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2005. – № 1. – С. 33–37.
7. Szabó L., Németh S., Szeifert F. Three-Level Control of a Distillation Column // *Engineering*. – 2012. – № 4. – P. 675–681.
8. Анисимов И.В., Бодров В.И., Покровский В.Б. Математическое моделирование и оптимизация ректификационных установок. – М.: Химия, 1975. – 216 с.
9. Абрамов К.В. Методика определения коэффициентов ПИД-контроллера при моделировании автоматизированных систем управления ректификационной колонной с применением пакета ChemCAD // *Инженерный Вестник Дона*. – 2011. – № 2. – С. 259–262.
10. Dynamic modeling and simulation of crude fractionation column with three side strippers using Aspen HYSYS Dynamics: A best practice for crude distillation column dynamic modeling / N. Parthiban, N. Nagarajan, V.K. Mahendra, K.D. Senthil // *Journal of Petroleum and Gas exploration Research*. – 2013. – № 3. – P. 31–39.
11. Гайле А.А., Пекаревский Б.В. Расчет ректификационных колонн. – СПб.: СПбГИ (ТУ), 2007. – 86 с.
12. Bashah N.A.A., Othman M.R., Aziz N. Modelling of Industrial Scale Semibatch Reactive Distillation using Neural Network // *Proc. of the 6th International Conference on Process Systems Engineering (PSE ASIA)*. – Kuala Lumpur, 25–27 June 2013. – P. 974–979.
13. Using hybrid genetic and Nelder–Mead algorithm for decoupling of MIMO systems with application on two coupled distillation columns process / A.A. Lasheen, A.M. El-Garhy, E.M. Saad, S.M. Eid // *International journal of mathematics and computers in simulation*. – 2009. – Iss. 3. – V. 3. – P. 146–157.
14. Borhan M.S., Karim S. Online Multivariable Identification of a MIMO Distillation Column Using Evolving Takagi-Sugeno Fuzzy Model // *Proc. of the 26th Chinese Control Conference*. – Zhangjiajie, Hunan, China, July 26–31, 2007. – P. 328–332.
15. Стопакевич А.А. Разработка робастной системы управления колонной атмосферной перегонки нефти // *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. – 2015. – Т. 5. – № 2 (77). – С. 49–57.
16. Алгоритм управления ректификационной колонной с компенсацией возмущений, запаздывания и учетом ограничений на фазовые переменные / И.Б. Фуртат, М.Е. Бардин, Г.С. Скорикова, Р.Е. Твердый, Я.А. Чудаков // *Башкирский химический журнал*. – 2012. – Т. 19. – № 4. – С. 89–94.
17. Bashah N.A.A., Othman M.R., Aziz N. Modelling of Industrial Scale Semibatch Reactive Distillation using Neural Network // *Proceedings of the 6th International Conference on Process Systems Engineering (PSE ASIA)*. – Kuala Lumpur, 25–27 June, 2013. – P. 974–979.
18. Дяконица С.А., Сугачевский И.П. Применение компенсирующего регулирования для многосвязного управления многопараметрической системой // *Системы. Методы. Технологии*. – 2014. – № 1 (21). – С. 86–90.
19. Giwa A., Karacan S. Decoupling control of a reactive distillation process using Tyreus-Luyben technique // *International Journal*

- of Engineering and Applied Sciences. – 2012. – V. 7. – № 10. – P. 1263–1272.
20. Maldonado J.L.B., Valarezo J.M., Peralta D.T. Multivariable Control of a Binary Distillation Column // International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS). – December 2015. – V. 2. – Iss. 12. – P. 18–23.
21. Тугашова Л.Г. Исследование возможности управления процессом ректификации нефти с применением типовых регуляторов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2016. – Т. 16. – № 3. – С. 120–131.
22. Тугашова Л.Г. Моделирование статических и динамических режимов процесса ректификации нефти / Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, рег. № 2017616335 от 06.06.2017. – М.: Роспатент, 2017.
23. Затонский А.В., Тугашова Л.Г. Управление атмосферной колонной малого нефтеперерабатывающего завода с применением динамической модели // Интернет-журнал «Наукосвещение». – 2017. – Т. 9. – № 1. URL: <https://www.naukovednie.ru/PDF/71TVN117.pdf> (дата обращения 12.11.2017).

Поступила 05.12.2017 г.

Информация об авторах

Дмитриевский Б.С., доктор технических наук, доцент, профессор кафедры информационных процессов и управления Тамбовского государственного технического университета.

Затонский А.В., доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов Пермского национального исследовательского политехнического университета Березниковского филиала.

Тугашова Л.Г., старший преподаватель кафедры автоматизации и информационных технологий Альметьевского государственного нефтяного института.

UDC 681.5

TASK OF CONTROLLING OIL RECTIFICATION AND THE METHOD OF ITS SOLUTION

Boris S. Dmitrievsky¹,
dmiboris@yandex.ru

Andrei V. Zatonkiy²,
zxenon@narod.ru

Larisa G. Tugashova³,
tugashova@yandex.ru

¹ Tambov State Technical University,
106, Sovetskaya street, Tambov, 392000, Russia.

² Perm National Polytechnic Research University Berezники Branch,
7, Telman street, Berezники, 618404, Russia.

³ Almeteyevsk State Oil Institute,
2, Lenin street, Almeteyevsk, 423450, Russia.

The relevance of the research is caused by the need to maintain the required quality and increase light oil products output at low-power oil refineries under conditions of variable composition and consumption of raw materials. The problems of improving management quality become more serious in the conditions of small oil refineries. They have not their own production base and they have to purchase a lot of oil from various oil production organizations. Therefore, raw materials with different composition often come for processing. One of the difficulties in developing oil distillation control system is the necessity to use laboratory data of petroleum products quality indicators. This force to use the simplified control algorithms that can operate on the basis of the data received with the big delay.

The aim of the research is to achieve maximum output of light petroleum products in the atmospheric distillation cube in conditions of variable flow rate and composition of raw materials improving the control system.

Research objects: atmospheric distillation unit for low-capacity oil (less than 500 thousand tons per year).

Methods of the research are based on automatic control theory, heat and mass transfer theory, mathematical modeling and simulation.

Research. The authors have stated the task of managing the low productivity atmospheric rectification unit and determined some features of the control object. Input and output parameters as well as the optimization criterion were choose. The paper introduces the method of managing using the mathematical model. The structure of management system using Matlab is given. The method provides a growth in extraction of light oil products by decreasing a variability of oil fractions boiling temperatures.

Key words:

Oil rectification, control, process model, quality indicators, light oils, stabilization of mode parameters.

REFERENCES

- Ovcharov S.N. *Kompleksnaya pererabotka neftegazokondensatnykh smesey na malogabaritnykh ustanovkakh*. Avtoreferat Kand. nauk [Complex processing of oil and gas condensate mixtures at small-sized plants. Cand. Diss. Abstract]. Astrakhan, 2010. 47 p.
- Digo G.B., Digo N.B., Mozharovsky I.S., Torgashov A.Yu. Research of virtual analyzer models for mass exchange technology processes of rectification. *Computer science and control systems*, 2011, no. 4, pp. 17–27. In Rus.
- Halvorsen I.J., Halvorsen I.J., Skogestad S. Minimum energy consumption in multicomponent distillation. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 2003, no. 42, pp. 616–629.
- Dmitrievsky B.S., Matveykin V.G., Mednikov V.I., Semerzhinskiy S.G. Software and analytical complex for protection and management of enterprise. *Software products and systems*, 2017, no. 2, pp. 307–313. In Rus.
- Matveykin V.G., Dmitrievsky B.S., Dmitrieva O.V., Raziya V.R., Sivova M.V. Management of innovations and development of scientific enterprise system. *Questions of modern science and practice. University them. V. I. Vernadsky*, 2016, no. 3 (61), pp. 146–152. In Rus.
- Kuznetsov V.G., Tyshchenko V.A. Method of global and local criteria combination by oil fractions separation temperature and overlapping control. *Refining and petrochemicals*, 2005, no. 1, pp. 33–37. In Rus.
- Szabó L., Németh S., Szeifert F. Three-Level Control of a Distillation Column. *Engineering*, 2012, no. 4, pp. 675–681.
- Anisimov I.V., Bodrov V.I., Pokrovsky V.B. *Matematicheskoe modelirovanie i optimizatsiya rektifikatsionnykh ustanovok* [Mathematical modeling and optimization of oil refinery devices]. Moscow, Khimiya Publ., 1975. 216 p.
- Abramov K.V. Using ChemiCAD software for PID-controller tuning in oil refinery control system's modeling. *Engineering Bulletin of Don*, 2011, no. 2, pp. 259–262. In Rus.
- Parthiban N., Nagarajan N., Mahendra V.K., Senthil K.D. Dynamic modeling and simulation of crude fractionation column with three side strippers using Aspen HYSYS Dynamics: A best practice for crude distillation column dynamic modeling. *Journal of Petroleum and Gas exploration Research*, 2013, no. 3, pp. 31–39.
- Gayle A.A., Pekarevsky B.V. *Raschet rektifikatsionnykh kolonn* [Refinery column calculation]. St-Petersburg, SPbGTI (TU) Publ., 2007. 86 p.
- Bashah N.A.A., Othman M.R., Aziz N. Modelling of Industrial Scale Semibatch Reactive Distillation using Neural Network *Proceedings of the 6th International Conference on Process Systems Engineering (PSE ASIA)*. Kuala Lumpur, 2013. pp. 974–979.
- Lashen A.A., El-Garhy A.M., Saad E.M., Eid S.M. Using hybrid genetic and Nelder-Mead algorithm for decoupling of MIMO systems with application on two coupled distillation columns process. *International journal of mathematics and computers in simulation*, 2009, vol. 3, pp. 146–157.

14. Borhan M.S., Karim S. Online Multivariable Identification of a MIMO Distillation Column Using Evolving Takagi-Sugeno Fuzzy Model. *Proceedings of the 26th Chinese Control Conference*, 2007. pp. 328–332.
15. Stopakevich A.A. Design of robustness control system for atmosphere oil refinery column. *Eastern European journal of advanced technologies*, 2015, vol. 5, no. 2 (77), pp. 49–57. In Rus.
16. Furtat I.B., Bardin M.E., Skorikova G.S., Tverdy R.E., Chudakov Ya.A. Algorithm of oil refinery column control with disturbances and delays compensation and with limitations of phase variables. *Bashkir chemical journal*, 2012, vol. 19, no. 4, pp. 89–94. In Rus.
17. Bashah N.A.A., Othman M.R., Aziz N. Modelling of Industrial Scale Semibatch Reactive Distillation using Neural Network *Proceedings of the 6th International Conference on Process Systems Engineering (PSE ASIA)*. Kuala Lumpur, 2013. pp. 974–979.
18. Dyakonitsa S.A., Sugachevsky I.R. Using computer based control for multilinked and multiparameters systems. *Systems. Methods. Technologies*, 2014, no. 1 (21), pp. 86–90. In Rus.
19. Giwa A., Karacan S. Decoupling control of a reactive distillation process using Tyreus-Luyben technique. *International Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2012, vol. 7, no. 10, pp. 1263–1272.
20. Maldonado J.L.B., Valarezo J.M., Peralta D.T. Multivariable Control of a Binary Distillation Column. *International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS)*, December 2015, vol. 2, Iss. 12, pp. 18–23.
21. Tugashova L.G. Investigation of possibilities of oil refinery control by typical controllers. *Bulletin of SUSU. Series «Computer technologies, automatic control, radio electronics»*, 2016, vol. 16, no. 3, pp. 120–131. In Rus.
22. Tugashova L.G. *Modelirovanie staticheskikh i dinamicheskikh rezhimov protsessa rektifikatsii nefti* [Modeling static and dynamic modes of oil rectification]. The certificate on the state registration of the computer program, no. 2017616335, 2017.
23. Zatonsky A.V., Tugashova L.G. Management of atmospheric column of small oil refinery with application of dynamic model. *Internet journal «Science studies»*, 2017, vol. 9, no. 1. In Rus. Available at: <https://www.naukovedenie.ru/PDF/71TVN117.pdf> (accessed 12 November 2017).

Received: 5 December 2017.

Information about the authors

Boris S. Dmitrievsky, Dr. Sc., professor, Tambov State Technical University.

Andrei V. Zatonskiy, Dr. Sc., head of department, Perm National Polytechnic Research University Berezniki Branch.

Larisa G. Tugashova, senior lecturer, Almet'yevsk State Oil Institute.