



УДК 519.711

КОНЦЕПЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ВАКУУМНЫМ БЛОКОМ В НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ



THE CONCEPT OF MODELING AND CONTROL OF A VACUUM BLOCK IN OIL REFINING

Меликов Эльчин Адиль оглы

кандидат технических наук,
доцент кафедры «Управление и инженерия систем»,
Азербайджанский Государственный Университет
Нефти и Промышленности
elchin03@mail.ru

Ализаде Кенуль Натик кызы

магистр,
Азербайджанский Государственный Университет
Нефти и Промышленности
kenul-alizade@mail.ru

Аннотация. На основе всестороннего изучения и анализа функционирования вакуумного блока установки переработки нефти ЭЛОУ-АВТ-6 изучены основные характерные особенности технологических процессов, протекающих в данном блоке. На основе построения математических моделей рассматриваемого процесса сформулирована физически обоснованная математическая постановка задачи оптимизации и предложен эффективный метод детерминированного аналога поставленной задачи.

Ключевые слова: первичная переработка, вакуумный блок, задача оптимизации, стохастическая задача, математическое программирование, нелинейная задача.

Melikov Elchin Adil

Ph. D., Associate Professor of
Control and engineering systems,
Azerbaijan State University of
Oil and Industry
elchin03@mail.ru

Alizade Kenul Natig

Master,
Azerbaijan State University of
Oil and Industry
kenul-alizade@mail.ru

Annotation. On the basis of a comprehensive research and analysis for the vacuum block functioning of the ELOU-AVT-6 oil refining installation, the main characteristic features of the technological processes occurring in this unit are studied. Based on the construction of mathematical models for the process under consideration, a physically justified mathematical statement of the optimization problem is formulated and an effective method of a deterministic analogue of this problem is proposed.

Keywords: primary processing, vacuum block, optimization problem, stochastic task, mathematical programming, nonlinear problem.

Известно, что режимы работы каждого технологического аппарата установки первичной переработки нефти ЭЛОУ-АВТ-6 оказывает большое влияние на производительность всей технологической системы в целом, как в отношении эффективности, так и обеспечения качества получаемых целевых продуктов. Поэтому при решении задач математического моделирования и построения оптимальной системы управления вакуумной установкой, технологическую установку ЭЛОУ-АВТ-6 следует рассматривать в целостности как сложную систему, состоящую из большого числа различных технологических аппаратов, связанных между собой сложными технологическими взаимосвязями [1].

В настоящее время из-за отсутствия технических средств и методов оперативного контроля в промышленных условиях качественные показатели получаемых светлых нефтепродуктов определяются традиционными способами, т.е. преимущественно в заводских лабораторных условиях. Кроме того, анализ и опыт эксплуатации технологической установки ЭЛОУ-АВТ-6 даже после ее модернизации показывает, что на первичных нефтеперерабатывающих технологических установках количество сырой нефти, поступающей на переработку и показатели ее качества не являются постоянными, а меняются в широком диапазоне по случайным законам. В связи с вышеуказанными обстоятельствами существующие локальные системы контроля и стабилизации режимных параметров, построенных по одноконтурному принципу не могут обеспечить получения желаемых технико-экономических показателей.

Поэтому, исходя из фактического опыта эксплуатации рассматриваемого комплекса ЭЛОУ-АВТ-6, можно сделать вывод, что исследование подобных сложных технологических систем как объектов неопределенности, то есть функционирующим в условиях стохастической информации, является более правильным и целенаправленным подходом.

Поэтому разработка комплекса математических моделей, осуществление математической формализации физически обоснованной задачи оптимизации с учетом стохастических особенностей координат состояния, разработка алгоритма численного решения задачи стохастического программирования и, на уровне автоматического регулирования, оптимальный синтез регулятора режимных координат для много-



уровневой системы управления технологическим комплексом, осуществляющим первичную переработку нефти, исходные координаты состояния и управления которого меняются по случайным законам, являются актуальными проблемами как научного, так и экономического значения.

С учетом вышеуказанных специфических особенностей функционирования первичных нефтеперерабатывающих процессов предлагается комплекс математических моделей и методов оптимизации стохастических режимов на уровне оперативного управления, а также синтез оптимального регулятора для автоматической стабилизации параметров на втором уровне трехуровневой системы управления установкой первичной переработки нефти типа ЭЛОУ-АВТ-6, функционирующего в условиях стохастической неопределенности.

Для математической формализации задачи оптимального управления вакуумным блоком технологической установки ЭЛОУ-АВТ-6 воспользуемся упрощенной структурой, состоящей из 4-х укрупненных основных блоков:

- блок I – ректификационная колонна К-1;
- блок II – ректификационная (атмосферная) колонна К-2;
- блок III – ректификационная (вакуумная) колонна К-10;
- блок IV – стабилизационная колонна К-8 и колонны К-3 и К-4.

Прежде чем дать физически обоснованную математическую постановку задачи оптимизации рассматриваемым технологическим комплексом представим математические зависимости (модели), характеризующие количественные и качественные показатели выходных фракций в следующем виде [2]:

$$y_k = \bar{f}_k(x, \rho, u_q) + \xi_k, \quad q = \overline{1, r}, \quad k = \overline{1, l}, \quad (1)$$

$$v_{ik} = \bar{g}_{ik}(x, \rho, u_q) + \xi'_{ik}, \quad i = \overline{1, m}, \quad k = \overline{1, l}, \quad (2)$$

здесь: y_k и v_{ik} характеризуют соответственно расходы и показатели качества нефтяных фракций, x – расход сырой нефти, поступающей на переработку, ρ – показатель качества сырой нефти (удельный вес), u_q – управляющие параметры в ректификационных колоннах (температура в различных точках, давление, уровень и т.д.), ξ_k и ξ'_{ik} – случайные величины, характеризующие погрешности, средние значения которых равны 0.

Из выражений (1) и (2) видно, что функции y_k и v_i определяются с определенными погрешностями и поэтому их средние значения можно определить с помощью регрессионных зависимостей: $\bar{f}_k(x, \rho, u_q)$ и $\bar{g}_{ik}(x, \rho, u_q)$. В связи с этим, решение задачи оптимизации по усредненным показателям целевых нефтепродуктов нельзя признать корректным, в силу чего такой подход может привести к существенным потерям.

Ограничения на качественные показатели для каждой фракции, получаемой на нефтеперерабатывающей установке математически можно представить в следующем виде:

$$\underline{b}_{ik} \leq v_{ik} = g_{ik}(x, \rho, u_q, \xi'_{ik}) \leq \overline{b}_{ik}, \quad i = \overline{1, m}, 1 \leq q \leq r, k = \overline{1, l}. \quad (3)$$

Здесь \underline{b}_{ik} и \overline{b}_{ik} – минимальное и максимальное значения показателей качества светлых нефтепродуктов. Все это обуславливает вероятностный характер функциональных ограничений, накладываемых на качественные показатели целевых нефтепродуктов:

$$P(v_{ik} \geq \alpha_i, i = \overline{1, m}), \quad (4)$$

$$0 < \alpha_i < 1.$$

Значения ограничений на количество и качество целевых светлых нефтепродуктов и вероятность их выполнения задаются технологом-оператором в соответствии с регламентом процесса первичной переработки нефти. Также необходимо отметить, что выход каждого светлого нефтепродукта должен быть не меньше потенциальной возможности Q_k содержания данной фракции в сырой нефти, т.е.:

$$y_k = \bar{f}_k(x, \rho, u_q, \xi_k) \geq Q_k, \quad k = \overline{1, l}, \quad q = \overline{1, r}. \quad (5)$$

Участие в моделях (3) и (5) случайных параметров ξ_k и ξ'_{ik} , а также изменение параметров x и ρ по случайному закону показывает, что все вышеприведенные ограничения могут выполняться лишь с определенной вероятностью.



Таким образом, оптимизация режимов установки первичной переработки нефти при заданных значениях количества нефти (x) и удельного веса (ρ) заключается в определении таких значений управляющих параметров $u_q \in \bar{V}$, $q = \overline{1, \Gamma}$ в ректификационных колоннах, которые обеспечивали бы заданные значения качественных показателей каждого светлого нефтепродукта с вероятностью ρ_0 , а их количества при этом должны быть близки к потенциальным возможностям (содержанию) данной фракции в составе сырой нефти, т.е.:

$$y_k \geq Q_k, k = \overline{1, I}, P(v_{ik} \in B_{ik}, i = \overline{1, m}, k = \overline{1, I}, \underline{b}_{ik}, \overline{b}_{ik} \in B_{ik}) \geq 0.94. \quad (6)$$

Здесь B_{ik} – множество оценок качественных показателей нефтяных фракций.

В задаче оптимизации в качестве критерия выбран максимум математического ожидания прибыли от реализации целевых нефтяных фракций:

$$\Phi = \max_{u_q \in \bar{V}} E \left\{ \sum_{k=1}^I c_k y_k - S \right\}, \quad (7)$$

где $E(\cdot)$ – математическое ожидание, S – постоянная, характеризующая сырьевые и энергетические затраты установки первичной переработки нефти, c_k – стоимость единицы k -ого вида целевого светлого нефтепродукта, \bar{V} – множество допустимых значений управляющих параметров.

Как видно из вышесформулированной математической постановки (1) – (7) задача оптимизации процесса первичной переработки нефти является нелинейной задачей стохастического программирования. Для решения данной задачи все виды ограничений, характеризующие материальные потоки, материальные балансы между колоннами были приняты детерминированными, а ограничения на качественные показатели нефтепродуктов – вероятностными. Анализ экспериментальных результатов показывает, что закон распределения основных координат данного процесса $y_k, k = \overline{1, I}$, $v_{ik}, i = \overline{1, m}$ имеет нормальный закон распределения.

Для численного решения нелинейной задачи стохастического программирования в научной литературе существуют различные приближенные и прямые методы. Однако, их применение связано с весьма сложными и громоздкими вычислительными процедурами [3].

Поэтому более практичным является использование методов построения детерминированного аналога. В процессе моделирования получены условные функции распределения $F(v_{ik} | x)$ случайного вектора v_{ik} . Используя функцию $F(v_{ik} | x)$, стохастическую задачу математического программирования можно привести к эквивалентной детерминированной задаче. Тогда вероятностные ограничения (6) можно представить в следующем виде:

$$F(v_{ik} | x) \geq P_{0i}, i = \overline{1, m}, k = \overline{1, I},$$

где P_{0i} – минимально допустимые вероятностные пределы значений качества светлых нефтепродуктов.

Осуществим переход от случайных величин v_{ik} к нормированным погрешностям, тогда

$$\vartheta_{ik}^j = (\theta_{ik}^j - \bar{v}_{ik}(x)) / \sigma_{ik},$$

где θ_{ik}^j – предельные значения качественных показателей k -го нефтепродукта для j -го аппарата, $\bar{v}_{ik}(x)$ – средние значения качественных показателей бензина, керосина, дизельного топлива, предсказанные регрессионной моделью, σ_{ik} – среднеквадратические отклонения случайных значений v_{ik} при фиксированных значениях режимных параметров x .

Таким образом, данная концепция на основе учета сложных и многомерных взаимосвязей связей между различными технологическими аппаратами, составляющими установку первичной переработки нефти ЭЛОУ-АВТ-6, обеспечивает наиболее адекватное и эффективное управление исследуемым вакуумным блоком рассматриваемой установки.

**Литература:**

1. Чигиринский М.Я. Оптимальное управление нефтеперерабатывающим производством с учетом взаимосвязи режимов технологических установок. Состояние и перспективы внедрения систем управления на предприятиях и в объединениях нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. – М. : ЦНИИТ-Энефтехим, 2011. – С. 119–126.
2. Melikov E.A., Khanbutaeva N.A. Algorithm optimization static rejimes Installation of primary oil refining // National Science Review, Chinese Academy of Sciences. – Oxford University Press, 2017. – Issue 4(2). – Vol. 4. – P. 1459–1466.
3. Parks P.S., Scaufelberger W., Schmid Chr., Unbenhauen H. Application of adaptive control systems. Methods and application in adaptive control, berl. Heudelb. – N.Y. : Spring-Verlag, 2005. – P. 181–193.

References:

1. Chigirinsky M.Ya. Optimal control of oil refining production, taking into account the interconnection of the technological installations modes. Status and prospects of introducing control systems at enterprises and inassociations of the oil refining and petrochemical industries. – М. : TsNIITEneftekhim, 2011. – P. 119–126.
2. Melikov E.A., Khanbutaeva N.A. Algorithm optimization static rejimes Installation of primary oil refining // National Science Review, Chinese Academy of Sciences. – Oxford University Press, 2017. – Issue 4(2). – Vol. 4. – P. 1459–1466.
3. Parks P.S., Scaufelberger W., Schmid Chr., Unbenhauen H. Application of adaptive control systems. Methods and application in adaptive control, berl. Heudelb. – N.Y. : Spring-Verlag, 2005. – P. 181–193.