

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СЛОЖНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

*Nasiba Djumabayevna Xodjiyeva  
Latipova Nodira Xalimovna  
Ganikhodjayeva Dilfuza Ziyavutdinovna  
Bakhodir Akilovich Sharipov*

*Ташкентский университет информационных технологий  
имени Мухаммада Аль-Хоразми  
[nhojjeva8@gmail.com](mailto:nhojjeva8@gmail.com)*

**Аннотация.** На основе анализа современного состояния теории и практики глубокой переработки углеводородного сырья показана актуальность и востребованность разработки методики оценки энерго- и ресурсоэффективности теплотехнологических аппаратов и установок с введением коэффициента эффективности  $K_3$ , позволяющего учитывать не только термодинамические характеристики теплотехнологической системы, но и конструктивные характеристики исследуемой технологической структуры. Показано, что использование рассматриваемой методики при разработке оптимальных энергосберегающих систем позволяет существенно сократить энергопотребление.

**Ключевые слова:** энерго- и ресурсосбережение, теплотехнологическая аппаратура, методика оценки энергоэффективности теплотехнологических систем.

**Аннотация.** Углеводородли хомашёларни чукур қайта ишлаш назарияси ва амалиётининг замонавий ҳолатини таҳлил қилиш асосида иссиқлик-технологик тизимларнинг нафақат термодинамик хоссаларини, балки тадқиқ этилаётган технологик структураларнинг конструктив тавсифларини ҳам ҳисобга олиш имконини берадиган самарадорлик коэффициенти  $K_c$  ни киритиш орқали иссиқлик-технологик аппаратлар ва қурилмаларнинг энергия ва ресурс самарадорлигини баҳолаш услубиятини ишлаб чиқишнинг долзарблиги ва аҳамияти кўрсатиб берилган. Кўриб чиқилаётган услубиятдан оптимал энергиятежамкор тизимларни ишлаб чиқишда фойдаланиш энергия истеъмолини сезиларли даражада камайтириши кўрсатилган.

**Таянч сўзлар:** энергия ва ресурсларни тежаш, иссиқлик-технологик қурилмалар, иссиқлик-технологик тизимларнинг энергия самарадорлигини баҳолаш услубияти.

**Abstract.** Based on the analysis of the current state of the theory and practice of deep processing of hydrocarbon raw materials, the relevance and relevance of developing a methodology for assessing the energy and resource efficiency of heat-technological devices and installations with the introduction of the efficiency coefficient  $K_e$ , which allows taking into account not only the thermodynamic characteristics of the heat-technological system, but also the design characteristics

of the studied technological structure, is shown. It is shown that the use of the considered technique in the development of optimal energy-saving systems can significantly reduce energy consumption.

**Keywords:** energy and resource saving, heat technology equipment, methodology for assessing the energy efficiency of heat technology systems.

**Введение.** Одним из приоритетных направлений повышения эффективности энерго- и ресурсоэффективности процессов переработки углеводородного сырья является увеличение использования вторичных топливно-энергетических ресурсов, максимальное использование рекуперации теплоты и оптимизация технологических режимов работы технологических комплексов и установок [1].

В целом ряда случаев технологическое оборудование нефте- и газоперерабатывающих производств не обеспечивает необходимые регламентные параметры даже после оптимизации. Поэтому экономически целесообразным является реализация и внедрение высокоэффективного ресурсосберегающего оборудования. Наряду с повышением тепловой эффективности такого технологического оборудования зачастую возникает необходимость решения задач повышения эксплуатационной надежности, металлоемкости и ремонтпригодности технологического оборудования [2].

**Определение энергетической эффективности функционирования теплотехнологической аппаратуры.** Обратимся к задаче определения экономической эффективности работы теплотехнологической аппаратуры на примере установки атмосферно-вакуумной трубчатки (АВТ) нефтеперерабатывающего завода, все технологическое оборудование которого взаимосвязано между собой. Для определения эффективности такого оборудования необходимы исходные данные, позволяющие в полной мере отображать протекающие в аппаратах технологические процессы. Эти необходимые исходные данные получают путем экспериментальных исследований.

Рассмотрим вопросы изучения термодинамических характеристик нагревательного блока установки первичной переработки нефти и создания оптимальных энергосберегающих теплообменных систем, сводящих к увеличенному использованию вторичных энергоресурсов, максимальному использованию рекуперированной теплоты и оптимизации режимов функционирования теплотехнологических установок. В нашем случае оценка эффективности работы исследуемых систем проводится по критерию качества или критерию эффективности, поиск которого для конкретных промышленных условий представляет собой достаточно сложную задачу [3].

Для оптимизации работы существующей схемы нагревательного блока предлагается использовать следующий критерий оптимальности – коэффициент эффективности  $K_{\text{Э}}$ .

$$K_{\text{Э}} = \frac{K_{\text{з}} \sum_{i=1}^n F_{\text{факт}}}{\sum_{i=1}^n F_{\text{уст}}} = \frac{(1,15 \div 1,2) \sum_{i=1}^n F_{\text{факт}}}{\sum_{i=1}^n F_{\text{уст}}}$$

где  $\sum_{i=1}^n F_{\text{факт}}$  – фактически необходимая площадь теплопередающей поверхности теплообменной системы,  $\text{м}^2$ ;  $\sum_{i=1}^n F_{\text{уст}}$  – установленная площадь теплопередающей поверхности теплообменной системы,  $\text{м}^2$ ;  $K_3$  – коэффициент запаса поверхности теплообмена.

При оптимизации нагревательного блока коэффициент  $K_3$  должен стремиться к единице, следующим образом:

$$K_3 \rightarrow 1, \text{ когда } \sum_{i=1}^n F_{\text{факт}} \rightarrow \sum_{i=1}^n F_{\text{уст}}.$$

Использование коэффициента  $K_3$  при разработке оптимальных энергосберегающих теплообменных систем позволяет учитывать не только термодинамические характеристики теплообменной системы – такие, как количество передаваемого тепла (тепловой поток), скорости потоков, коэффициент загрязнения поверхности теплообмена, но и конструктивные характеристики теплообменного аппарата. Выбранный коэффициент эффективности также позволяет судить, насколько полезно используется поверхность теплообмена аппаратов. Неэффективное использование поверхности теплообмена приводит фактически к простоям аппаратов, а, значит, и к излишним капитальным затратам и амортизационным отчислениям.

С помощью выбранного критерия в качестве примера были оптимизированы схемы нагревательных блоков АВТ «Чиназского нефтеперерабатывающего завода». Степень регенерации тепла на этих установках составляет 37,105%, после оптимизации расчетная степень регенерации тепла отходящих технологических потоков 42,613 %

Определено влияние степени регенерации тепла в нагревательном блоке на работу технологических печей установок первичной переработки нефти, в которых происходит дополнительный нагрев обессоленной нефти после нагревательного блока перед подачей ее в ректификационную колонну. В результате расход топливного газа увеличивается и ощущается нехватка в сухом газе. В этом случае в печь направляется жирный газ первичной переработки, теплотворная способность которого более чем на 35 % превосходит сухой газ. Кроме того, температуры их горения отличаются на 600 °С. Периодическая замена одного вида газа на другой отрицательно влияет на работу трубчатых змеевиков печей. При недостаточной регенерации тепла технологических потоков в теплообменных аппаратах подогрева нефти эти потоки поступают в холодильники с повышенной температурой. Это приводит не только к потере тепла, которое можно дополнительно использовать в нагревательном блоке и сократить расход топлива, но и к напряженной работе самих холодильников. Не обеспечивается необходимая температура потоков на выходе из холодильников. Технологические продукты направляются в парк с повышенной температурой. Увеличивается температура оборотной воды на выходе из погружных аппаратов. Это приводит к потерям последней от испарения и требует дополнительных затрат на охлаждение. Эксперименты

на холодильниках установок первичной переработки нефти подтверждают изложенное выше [4].

**Заключение.** Нефтеперерабатывающие заводы являются крупнейшим потребителем топливно-энергетических ресурсов, а том числе топлива, тепловой и электрической энергии. Эффективности рациональность их использования в процессах переработки нефти во многом определяется эффективностью работы технологического оборудования предприятия.

Для удовлетворения современных требований существующие установки необходимо реконструировать, когда капиталовложение в новое оборудование должно быть сведено к минимуму путем наиболее полного использования уже имеющейся аппаратуры. Оптимизация работы оборудования необходима и по другой причине. Существующие заводы были спроектированы и построены во времена значительно более дешевой, чем сейчас, энергии, поэтому актуальной является необходимость предусмотреть меры по ее экономии.

Особенностью процессов переработки углеводородного сырья является то, что сами технологические процессы несовершенны. Так, процессы первичной переработки нефти потребляют 1,91 т у.т. на переработку 100 т нефти при теоритически необходимом 1,016. В то же время на нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводах вся получаемая тепловая энергия используется лишь на 30-35%, а остальная часть (с низкпотенциальной тепловой энергией) становится нерекуперативно-способной. Например, около 36% энергии, поступающей на завод, уходит с охлаждающей водой или воздухом, до 16% вместе с дымовыми газами технологических печей выделяется в атмосферу, 12-14% энергии рассеивается в окружающую среду в виде тепла, отдаваемого горячими поверхностями оборудования.

В настоящее время востребована задача повышения тепловой эффективности теплотехнологического оборудования нефтеперерабатывающих предприятий. Для этого необходимо экспериментальное определение степени энергоэффективности работы теплотехнологического оборудования нефтеперерабатывающих промышленных производств и разработка энергосберегающих теплообменных систем, которые позволяли бы использовать уже задействованные в технологической цепочке теплообменные аппараты с минимизацией капитальных затрат.

### Литература

1. Тсатсаронис, Дж. взаимодействие термодинамики и экономики для минимизации стоимости энергопреобразующей системы. Дж.Тсатсаронис. – Одесса: Негоциант, 2002. -152 с.
2. Torres, C.Structural Theory and Thermoeconomic Diagnosis Part I.On Malfunction and Dysfunction Analesis/C.Torres, A.Valero, L.Serra, J.Royo/ Energy Conversion and Management. – 2002. –Vol.43. -№9. –P. 1503-1518.
3. Бродянский, В.Фратшер, К.Михалек. –М.:Энергоатомиздат, 1988.-288 с.

4. Мартыновский, В.С. Циклы, схемы и характеристики трансформаторов/В.С.Мартыновский. – М.:Энергия, 1979. -288 с.
5. Коздоба, Л.А. Критерии эффективности тепловых и комплексных тепловых систем/Л.А.Коздоба// Промышленная теплотехника. -2000. – Т.22. - №5-6. –С.22-28
6. Boer, D. Exergy and Structural Analysis of an Absorption Cooling Cycle and the Effect of Efficiency Parameters/ D.Boer//International Journal of Thermodynamics. – Vol.8 (4). -2005. –Р. 191-198.
7. Калинина, Е.И. Основание положения методики термoeкономического анализа комплексных процессов/ Е.И.Калинина, В.М.Бродянский/ Изв.вузов СССР. Энергетика. -1973. -12. –С. 57-63.
8. Сорин, М.В. Зависимость КПД систем преобразования энергии и вещества от КПД составляющих ее элементов / М.В.Сорин, В.М.Бродянский / Изв.вузов СССР. Энергетика. -1990. -№4. –С. 75-83.
9. Андреев, Л.П. Расчет термодинамических показателей тепловых схем ТЭС и АЭС / Л.П.Андреев, В.Р.Никульшин, Т.Г.Заярная // Промышленная теплотехника. – 1988. –Т.10, №6. –С. 88-92.
10. Канавец, Г.Е. Об оптимальном распределении эксергетических потерь / Г.Е. Канавец, Л.К.Вукович, В.Р.Никульшин / Изв.вузов СССР. Энергетика. -1979. -№9. –С. 112-116.
11. Ноздренко, Г.В. Структурный анализ энерготехнологических блоков электростанций / Г.В.Ноздренко // Изв.вузов СССР. Энергетика. -1988. - №12. –С. 74-77.88.
12. Долгополов, И.С. Топологoэксергетический подход при исследовании эксергетической способов соединения элементов физикотехнологических систем (часть 1) / И.С.Долгополов, В.Т.Тучин, О.Е. Кравец // Математическое моделирование. -2009. -№1 (20). –С. 73-77.
13. Харлампида, Д.Х. Влияние структурной сложной технологической схемы на термодинамическое совершенство теплонасосных установок / Д.Х. Харлампида // Технические газы. -2009. -№3. \_С. 45-53.
14. Сорин, М.В. термодинамические принципы и алгоритм структурно-вариантной оптимизации энерготехнологических схем паркомпрессорных термотрансформаторов/ Д.Х.Харлампида// Технические газы. -2010. -№4. –С. 45-53.
15. Троценко, А.В. термодинамическая идеализация процессов и циклов низкотемпературных систем / А.В.Троценко // Технические газы. -2008. - №2. –с. 56-61.
16. Н.Р.Юсупбеков, Ш.М.Гулямов, М.Б.Зайнутдинова, Н.Ж.Хожиева. Анализ информационных характеристик объектов химической технологии // Международный научно-технический журнал “Химическая технология. Контроль и управление”. Ташкент, 2019. – №1 (85). – С.83-88.

17. Н.Ж.Хожиева. Методы и алгоритмы информационной поддержки принятия решений в информационно-управляющих системах .-Ташкент, 202. -41 с.
18. T.Tommila, J.Hirvonen, L. Jaakkola, J.Peltoniemi. Next generation of industrial automation. Concepts and architecture of a component-based control system //VTT Technical Research Centre of Finland, 2005. -PP.58-63.
19. N.R.Yusupbekov, S.M.Gulyamov, Y.Sh.Avazov, N.J.Khojjeva. Methods of organizing energy-closed technology // International scientific and technical journal "Chemical technology. Control and management". –Tashkent, 2020. – №2 (92). -PP.21-28.

#### Сведения об авторах

1. Nasiba Djumabayevna Xodjiyeva PhD, Department of "System and Applied Programming" Tashkent University of Information Technologies, Tel.:(+99894) 683-38-37, [nhojjeva8@gmail.com](mailto:nhojjeva8@gmail.com)
2. Latipova Nodira Halimovna - Candidate of technical sciences, associate professor of the department "System and Applied Programming" Tashkent University of Information Technology named after Muhammad Al-Khorazmi, Uzbekistan E-mail: [nadira-latipova@mail.ru](mailto:nadira-latipova@mail.ru).
3. Ganikhodjayeva Dilfuza Ziyavutdinovna Teacher of the department "System and Applied Programming" Tashkent University of Information Technology named after Muhammad Al- Khorazmi, Uzbekistan, [ganihodjayeva@mail.ru](mailto:ganihodjayeva@mail.ru)
4. Bakhodir Akilovich Sharipov. Applicant of the Department "System and Applied Programming" Tashkent University of Information Technologies [bahodir.61@mail.ru](mailto:bahodir.61@mail.ru)