

DOI: 10.15593/2224-9400/2016.3.02

УДК 665.6/.7

**А.О. Колыхматов, А.Г. Шумихин**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, Пермь, Россия**ОПТИМИЗАЦИЯ БЛОКА ПОДОГРЕВА СЫРОЙ НЕФТИ  
НА УСТАНОВКЕ АВТ ПРИ ВЫВОДЕ НЕКОТОРЫХ  
ТЕПЛООБМЕННИКОВ НА РЕМОНТ**

*Рассматриваются примеры решения задачи оптимизации распределения сырой нефти по потокам на входе блока ее подогрева установки АВТ нефтеперерабатывающего предприятия, отвечающие двум произвольным случаям изменения топологии соединения оборудования в технологической схеме блока при выводе из нее некоторых теплообменников на ремонт.*

*Для расчета в задаче оптимизации тепловых балансов системы теплообмена разрабатывается ее математическая модель, реализованная в программном продукте компьютерного моделирования технологических процессов UniSim Design. Математическая модель актуализируется в компьютерном тренажерном комплексе по данным о значениях технологических параметров некоторого реального технологического режима действующей установки АВТ.*

*В настоящее время технологические установки нефтепереработки представляют собой сложные, дорогостоящие и высокотехнологичные производственные комплексы. Установки атмосферная трубчатка (АТ) и атмосферно-вакуумная трубчатка (АВТ) являются головными установками на нефтеперерабатывающих предприятиях. Установка АВТ предназначена для первичной переработки сырой нефти и получения атмосферных и вакуумных нефтяных фракций. Важную роль для снижения затрат на получение нефтяных фракций на установках АВТ играет рекуперация тепла отходящих с установки горячих нефтепродуктов в системе теплообменников, предназначенной для подогрева сырой нефти. Оптимизация распределения потоков сырой нефти по системе теплообменников позволяет снизить расход топливного газа, расходуемого на ее подогрев. В процессе эксплуатации теплообменных аппаратов происходит загрязнение теплопередающих поверхностей, что приводит к снижению эффективности теплообмена, или появляются признаки разгерметизации оборудования, что требует вывода некоторых теплообменников из системы на очистку или ремонт. В результате изменяется топология схемы соединения теплообменников и требуется заново оптимизировать распределение потоков сырой нефти по системе ее подогрева.*

**Ключевые слова:** нефтепереработка, установка АВТ, оптимизация распределения потоков сырой нефти, компьютерное моделирование, компьютерный тренажерный комплекс.

**A.O. Kolykhatov, A.G. Shumikhin**

Perm National Research Polytechnic University,  
Perm, Russian Federation

## **OPTIMIZATION OF CRUDE OIL PREHEATING UNIT AT THE ADU/VDU IN OUTPUT SOME HEAT EXCHANGERS TO REPAIR**

*This article discusses examples of solving the problem of optimizing the distribution of crude oil on flows at the input of preheating unit at the ADU/VDU. These examples are corresponding to the two arbitrary cases of topology changes in the equipment connection in the unit's technological scheme with output some heat exchangersto repair.*

*To calculate the heat balance optimization problem of heat exchange system, its mathematical model is developed with software for the computer modeling of technological processes UniSim Design. The mathematical model is updated in the computertraining system with data values of technological parameters of a real technological mode of current ADU/VDU.*

*Currently, oil refinery process units represent a complex, expensive and high-tech production facilities. Atmospheric refining (ADU) and atmospheric vacuum pipe heater (ADU/VDU) are the key units in refineries. ADU/VDU is intended to primary processing of crude oil and producing atmospheric and vacuum oil fractions. An important role in reducing the cost of manufacturing oil fractions in the distillation unit plays the heat recovery of the unit's high-temperaturewaste heat in heat exchanger system for heating crude oil. Optimization of crude oil flows distribution in heat exchanger system helps to reduce the fuel gas consumption consumed on its preheating. During the maintenance of heat exchanger equipment, the heat exchanger system becomes contaminated, as the result the reducing heat transfer efficiency, or the showing signs of depressurization equipment that requires some heat exchangers to output from the system for cleaning or repair. As a result, changes of heat exchangers connection circuit topology and it is required to re-optimize the crude oil flow distribution in its heating system.*

**Keywords:** oil refining, distillation unit, the optimization of the distribution of crude oil flows, computer simulation, computer-training complex.

В работе [1] решена задача статической оптимизации блока подогрева сырой нефти установки атмосферно-вакуумная трубчатка (АВТ) с актуализацией решения в компьютерно-тренажерном комплексе на нефтеперерабатывающем предприятии с целью оптимального распределения потоков сырой нефти, поступающей на установку. Был разработан алгоритм решения задачи оптимального распределения потока сырой нефти. Для решения задачи статической оптимизации использовалось два метода. В качестве первого метода оптимизации был использован метод сканирования. Вторым методом оптимизации являлся метод Бокса. Проведенный вычислительный эксперимент показал, что оба метода дают практически одинаковый результат увеличения температуры нефти на выходе из системы теплообменников блока подогрева.

В целом оптимальное распределение потоков нефти на блок теплообмена установки АВТ, повышение качества функционирования автоматических систем управления снижает энергетические затраты, улучшает технико-экономические показатели производства и обеспечивает большинство вторичных процессов (пиролиз, каталитический крекинг, риформинг, селективные очистки и др.) качественным сырьем.

Эффективность теплообмена зависит от состояния аппаратов, в которых он осуществляется. По этой причине такие мероприятия, как промывка или ремонт теплообменников на нефтепереработке является важным и обязательным условием обеспечения эффективности использования теплообменного оборудования.

Очистка или ремонт теплообменников блока подогрева нефти связаны с их выводом из технологической схемы и переключением оставшегося в схеме оборудования, т.е. с изменением топологии системы теплообменников.

Это обстоятельство приводит к изменению эффективности теплообмена по потокам подогреваемой нефти и требует оптимизации распределения потоков по системе теплообменников.

Алгоритмы оптимизации химико-технологических систем рассматриваются в работах [2–5]. Алгоритм оптимизации распределения по потокам подогреваемой нефти на установке АВТ по критерию «температура объединенного потока на выходе блока теплообменников» представлен в работе [1]. Математическая модель блока теплообменников, созданная и параметризованная в программном продукте Unisim Design – системе интерактивного моделирования технологических процессов, позволяет осуществить поиск оптимального распреде-

ления сырой нефти на входе блока по потокам [8, 9]. Применение модели требует ее перенастройки по текущим значениям технологических параметров установки [6, 7].

Рассмотрим два случая применения статической оптимизации процесса в блоке подогрева сырой нефти при выводе теплообменников на ремонт. В первом случае из эксплуатации выведен на теплообменник Т-13/2, во втором случае – теплообменник Т-18/2 (рисунок).

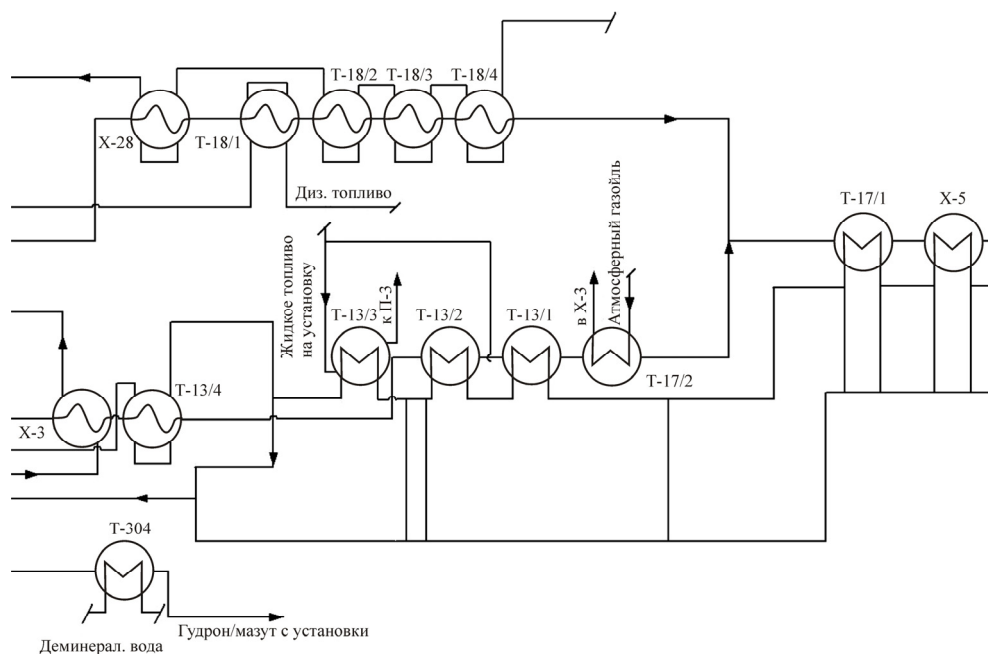


Рис. Фрагмент схемы блока теплообмена

В созданной в UniSim Design модели имитируется система теплообмена с измененной топологией соединения оборудования, обусловленной выводом теплообменников из технологической схемы.

Пусть из технологической схемы (см. рисунок) выведен теплообменник Т-13/2 и потоки подогреваемой нефти и горячего теплоносителя направлены в обход его на следующие за ним теплообменники. Имитационная модель, созданная в UniSim Design, актуализируется в соответствии с новой топологией и альтернативными поисковыми методами сканирования и Бокса по критерию «температура объединенного потока нефти на выходе из системы». Согласно [1] решается задача оптимизации. Результаты решения задачи оптимизации в сравнении со значениями параметров технологического процесса, рассчитанными по модели до оптимизации, представлены в табл. 1.

В табл. 2 приведены также решения задачи оптимизации для случая вывода из системы теплообменника Т-18/2.

Таблица 1

Сравнение значений технологических параметров до и после оптимизации при отключении теплообменника Т-13/2

| Параметр технологического процесса  | Значение до оптимизации | Значение после оптимизации |               |
|---|-------------------------|----------------------------|---------------|
|   |                         | методом сканирования       | методом Бокса |
| $F_1$ – расход 1-го потока сырой нефти                                    | 73,3                    | 84,3                       | 83,7          |
| $F_2$ – расход 2-го потока сырой нефти                                    | 53                      | 53,9                       | 54,6          |
| $F_3$ – расход 3-го потока сырой нефти                                    | 86,2                    | 74,3                       | 74,2          |
| $T_{\text{вых}}$ – температура сырой нефти на выходе из блока теплообмена | 210,3                   | 214,3                      | 213,9         |

Таблица 2

Сравнение значений технологических параметров до и после оптимизации при отключении теплообменника Т-18/2

| Параметр технологического процесса  | Значение до оптимизации | Значение после оптимизации |               |
|---|-------------------------|----------------------------|---------------|
|   |                         | методом сканирования       | методом Бокса |
| $F_1$ – расход 1-го потока сырой нефти                                    | 73,3                    | 86                         | 86,4          |
| $F_2$ – расход 2-го потока сырой нефти                                    | 53                      | 50,2                       | 50,1          |
| $F_3$ – расход 3-го потока сырой нефти                                    | 86,2                    | 76,3                       | 76            |
| $T_{\text{вых}}$ – температура сырой нефти на выходе из блока теплообмена | 209,4                   | 214,7                      | 214,5         |

Решение задачи оптимизации показывает, что температура нефти на выходе из блока теплообмена в первом случае увеличивается на 4 °С, во втором – на 5,3 °С, т.е. степень рекуперации тепла горячих те-

плоносителей увеличивается. Это в свою очередь дает снижение расхода топливного газа ( $\Delta F$ , т/г) системы подогрева, рассчитываемого по формуле

$$\Delta F = \frac{8760 \cdot \Delta H}{H_g \cdot \eta},$$

где  $\Delta H$  – разность энтальпии потока нефти до и после оптимизации, кДж/ч;  $H_g$  – энтальпия газа, кДж/кг;  $\eta$  – КПД печи.

Таким образом, как показывают результаты проведенного с применением компьютерного тренажерного комплекса установки АВТ исследования, оптимальное распределение потоков горячих теплоносителей и сырой нефти при изменении топологии соединения оборудования системы рекуперации тепла установки АВТ позволяет снизить расход топливного газа на установку, т.е. снизить затраты на производство.

### **Список литературы**

1. Колыхматов А.О., Шумихин А.Г. Алгоритм оптимизации в задаче управления блоком подогрева сырой нефти на установке АВТ нефтеперерабатывающего предприятия с его актуализацией в компьютерно-тренажерном комплексе // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2015. – № 3. – С. 39–48.
2. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии: учеб. пособие для вузов. – М.: Химия, 1969. – 564 с.
3. Кафаров В.В., Мешалкин В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем: учеб. для вузов. – М.: Химия, 1991. – 432 с.
4. Бейко И.В., Бублик Б.Н., Зинько П.Н. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации. – Киев: Высшая школа, 1983. – 511 с.
5. Кафаров В.В., Макаров В.В. Гибкие автоматизированные производственные системы в химической промышленности: учеб. для вузов. – М.: Химия, 1990. – 319 с.
6. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1981. – 812 с.
7. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1985. – 448 с.
8. UniSim Design, Customization Guide [Электронный ресурс]. Системные требования Adobe Acrobat Reader. – URL: <ftp://ftp.feq.ufu.br/>

Sergio/Documentation/USD/UniSim%20Design/Customization%20Guide.pdf (дата обращения: 3.02.2015).

9. UniSim Design, Simulation Basis Reference Guide [Электронный ресурс]. Системные требования Adobe Acrobat Reader. – URL: <ftp://ftp.feq.ufu.br/Sergio/Documentation/USD/UniSim%20Design/Simulation%20Basis.pdf> (дата обращения: 3.02.2015).

### References

1. Kolykhmatov A.O., Shumikhin A.G. Algoritm optimizatsii v zadache upravleniya blokom podogreva syroj nefiti na ustanovke AVT neftepererabatyvayushchego predpriyatiya s ego aktualizatsiej v kompyuterno-trenazhernom komplekse. *Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Khimicheskaya tekhnologiya i biotekhnologiya*, 2015, no. 3, pp. 39–48.

2. Bojarinov A.I., Kafarov V.V. *Metody optimizatsii v khimicheskoy tekhnologii* [Optimization methods in chemical engineering]. Moscow: Khimiya, 1969. 564 pp.

3. Kafarov V.V., Meshalkin V.P. *Analiz i sintez khimiko-tekhnologicheskikh system* [Analysis and synthesis of chemical processes]. Moscow: Khimiya, 1991. 432 p.

4. Bejko I.V., Bublik B.N., Zin'ko P.N. *Metody i algoritmy resheniya zadach optimizatsii* [The methods and algorithms for solving optimization problems]. Kiev, 1983. 511 p.

5. Kafarov V.V., Makarov V.V. *Gibkie avtomatizirovannye proizvodstvennyye sistemy v khimicheskoy promyshlennosti* [Flexible automated production systems in the chemical industry]. Moscow: Khimiya, 1990. 319 p.

6. Gelperin N.I. *Osnovnye protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii* [Basic processes and devices of chemical technology]. Moscow: Khimiya, 1981. 812 p.

7. Kafarov V.V. *Metody kibernetiki v khimii i khimicheskoy tekhnologii* [Cybernetics methods in chemistry and chemical technology]. Moscow: Khimiya, 1985. 448 p.

8. UniSim Design, Customization Guide. Systems requirements Adobe Acrobat Reader, available at: <ftp://ftp.feq.ufu.br/Sergio/Documentation/USD/UniSim%20Design/Customization%20Guide.pdf> (accessed 3 February 2015).

9. UniSim Design, Simulation Basis Reference Guide [Electronic resource]. Systems requirements Adobe Acrobat Reader, available at:

[ftp://ftp.feq.ufu.br/Sergio/Documentation/USD/UniSim%20Design/Simulation%20Ba sis.pdf](ftp://ftp.feq.ufu.br/Sergio/Documentation/USD/UniSim%20Design/Simulation%20Ba%20sis.pdf) (accessed 3 February 2015).

Получено 20.09.2016

### **Об авторах**

**Колыхматов Аркадий Олегович** (Пермь, Россия) – аспирант кафедры автоматизации технологических процессов и производств Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: atp@pstu.ru).

**Шумихин Александр Георгиевич** (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов и производств Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: atp@pstu.ru).

### **About the authors**

**Arkadij O. Kolykhatov** (Perm, Russian Federation) – Graduate student, Department of Automation technological processes and production, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: atp@pstu.ru).

**Aleksandr G. Shumikhin** (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Automation technological processes and production, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: atp@pstu.ru).