

УДК 66.021.2.3.048

МРНТИ: 61.51.15

<https://doi.org/10.55452/1998-6688-2022-19-3-15-22>**Макашева Д.**

Казахстанско-Британский технический университет,
050000, г. Алматы, Казахстан
E-mail: d.makasheva@kmg.kz

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ УСТАНОВОК ПЕРВИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ АВТ-3 И АТ-2 НА АТЫРАУСКОМ НПЗ

Аннотация. В настоящей статье показаны практические примеры использования специализированного программного обеспечения Aspen Hysys для инженерных расчетов по оптимизации работы установок первичной переработки нефти АВТ-3 и АТ-2 Атырауского нефтеперерабатывающего завода. Программа Aspen Hysys внедрена на Атырауском НПЗ впервые. Проведены расчеты по оптимизации узлов установок первичной переработки нефти АВТ-3 и АТ-2 Атырауского НПЗ с построением модели в Aspen Hysys. В результате расчетов выявлена возможность повышения эффективности работы установок, для подтверждения проведены опытные пробеги на установках. В ходе опытного пробега на установке АВТ-3 выявлено ограничение по регулированию температуры куба отпарной колонны, что влияет на стабилизацию начала кипения керосиновой фракции. В ходе опытного пробега на установке АТ-2 выявлено, что повышение расхода пара в основную колонну атмосферной перегонки нефти способствует снижению содержания светлых фракций в прямогонном мазуте, при этом увеличиваются выходы бензиновой и керосино-газойлевой фракций. Таким образом, показан положительный эффект применения программы Aspen Hysys на Атырауском НПЗ для оптимизации установок первичной перегонки нефти и выявления технологических ограничений.

Ключевые слова: Hysys, инженерное моделирование, установка атмосферной перегонки нефти, оптимизация

Макашева Д.

Қазақстан-Британ техникалық университеті
050000, Алматы қ., Қазақстан
E-mail: d.makasheva@kmg.kz

АТЫРАУ МӨЗ АВТ-3 ЖӘНЕ АТ-2 МҰНАЙДЫ БАСТАПҚЫ ӨНДЕУ ҚОНДЫРҒЫЛАРЫН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Андатпа. Мақалада Атырау мұнай өңдеу зауытының АВТ-3 және АТ-2 мұнайды бастапқы өңдеу қондырғыларының жұмысын оңтайландыру бойынша есептеулер үшін Aspen Hysys мамандандырылған бағдарламалық жасақтамасын пайдалану мысалдары көрсетілген. Aspen Hysys бағдарламасы Атырау МӨЗ-да алғаш рет енгізілді. Aspen Hysys бағдарламалық жасақтамасы әлемде технологиялық инженерлерді қолдаудың тиімді құралы ретінде кеңінен қолданылады. Aspen Hysys моделін құра отырып, Атырау МӨЗ АВТ-3 және АТ-2 мұнайды бастапқы өңдеу қондырғыларының тораптарын оңтайландыру бойынша есептеулер жүргізілді. Есептеулер нәтижесінде қондырғылар жұмысының тиімділігін арттыру мүмкіндігі анықталды, растау үшін қондырғыларда тәжірибелік қозғалыстар жүргізілді. Тәжірибелік жүріс барысында АВТ-3 қондырғысында булау бағанасы текшесінің температурасын реттеу бойынша шектеу анықталды. Бұл керосин фракциясының қайнау басталуының тұрақтануына әсер етеді. АТ-2 қондырғысындағы тәжірибелік жүріс барысында мұнайды атмосфералық айдаудың негізгі бағанына бу шығынының артуы тікелей айдайтын мазуттағы ақшыл фракциялар құрамының төмендеуіне ықпал етуі анықталды. Бұл ретте бензин және керосин-газойл фракциясының шығымы

ұлғаяды. Осылайша, мұнайды бастапқы айдау қондырғыларын оңтайландыру және технологиялық шектеулерді анықтау үшін Атырау МӨЗ-да Aspen Hysys бағдарламасын қолданудың оң әсері көрсетілген.

Тірек сөздер: Hysys, инженерлік модельдеу, атмосфералық мұнай айдау қондырғысы, оңтайландыру.

Makasheva D.

Kazakh-British Technical University
050000, Almaty, Kazakhstan
E-mail: d.makasheva@kmg.kz

MODELING AND OPTIMIZATION OF AVT-3 AND AT-2 CRUDE OIL DISTILLATION UNITS AT ATYRAU REFINERY

Abstract. The article shows examples of the use of Aspen Hysys software for optimization of the AVT-3 and AT-2 crude oil distillation units at Atyrau Oil Refinery. The Aspen Hysys software was implemented at the Atyrau Refinery for the first time. Calculations were carried out to optimize AVT-3 and AT-2 crude distillation units of the Atyrau refinery with the construction of a model in Aspen Hysys. As a result of the calculations, the possibility of improving the efficiency of individual parts of units was revealed, pilot runs on the units were carried out to confirm. During the pilot run on the AVT-3 unit, a restriction was revealed on regulating the temperature of the cube of the steam column, which affects the stabilization of the kerosene fraction beginning boiling point. During the pilot run at the AT-2 unit, it was revealed that an increase in steam consumption in the main atmospheric oil distillation column contributes to a decrease in the content of light fractions in straight-run fuel, while the yields of gasoline and kerosene-gasoil fractions increase. Thus, the positive effect of Aspen Hysys application at the Atyrau refinery for optimization of crude oil distillation units and identification of technological limitations is shown.

Key words: Hysys, engineering modeling, crude oil distillation unit, optimization

Введение

В настоящее время на казахстанских нефтеперерабатывающих заводах реализуются мероприятия по внедрению лучших мировых практик нефтеперерабатывающей отрасли. Среди таких – внедрение и использование специализированного программного обеспечения для инженерного моделирования Hysys, являющегося продуктом компании AspenTechnology. Hysys широко используется в мире как инструмент для инженеров-технологов. С учетом того, что производственные отрасли скорее придерживаются тенденции по максимизации использования имеющихся ресурсов для достижения максимальной прибыльности вместо крупномасштабного расширения, широкое применение в этом отношении получил подход по оптимизации ресурсов. Оптимизация является основным количественным инструментом при принятии решений в перерабатывающих отраслях. В последние годы значительный исследовательский интерес вызывает оптимизация работы установок атмосферной перегонки сырой нефти.

В Hysys можно смоделировать большое количество процессов переработки нефти и нефтехимии и проводить широкий спектр инженерных расчетов, направленных на оптимизацию работы технологических установок и повышение эффективности. Инженерные расчеты также используют для выявления «узких» мест технологических установок.

Основные положения

В 2021 г. на Атырауском нефтеперерабатывающем заводе (АНПЗ) впервые внедрено специализированное программное обеспечение Hysys (AspenTechnology) для инженерного моделирования технологических процессов. В Hysys были созданы инженерные модели первичных установок

переработки нефти, проведены расчеты по оптимизации работы установок. Разработка инженерных моделей установок проводилась в несколько этапов. Первый этап – сбор исходных данных (режим работы установок, выхода и качество продуктов, расход энергоресурсов, параметры колонн, параметры теплообменного оборудования), необходимых для моделирования в Hysys. Второй этап – разработка инженерной модели установки (отрисовка в Hysys, занесение фактических параметров, сведение модели). Третий этап – проверка адекватности разработанной инженерной модели.

Так как установки по первичной переработке нефти являются основными для любого нефтеперерабатывающего завода, разработка инженерных моделей началась именно с них. В технологической схеме АНПЗ есть две установки по первичной переработке нефти – АВТ-3 и АТ-2. Установка АВТ-3 предназначена для переработки 3,0 млн т сырой нефти в год, состоит из блоков АТ и вакуумного блока. Установка АТ-2 предназначена для переработки 2,5 млн т сырой нефти в год.

Моделирование установок в среде Hysys было выполнено с учетом максимального приближения к реальному процессу с точки зрения следующих параметров: количество тарелок, подающая тарелка, температура сырья, расход сырья, температура подачи теплообменников и заданная температура, характеристики продукта, расход пара, расход циркуляционного орошения. Для АВТ-3 и АТ-2 разработаны инженерные модели с подтверждением соответствия фактическим параметрам до 99%.

Материалы и методы

Построение инженерной модели первичной переработки АВТ-3

Создана инженерная модель установки АВТ-3 в среде Hysys. Для этого были собраны исходные данные по режиму установки и параметрам работы основных аппаратов:

- отбензинивающая колонна К-1
- колонна атмосферной перегонки К-2
- колонна вакуумной перегонки мазута К-5

В таблице 1 указаны фактические данные по режиму работы колонны К-2 и показатели качества продуктов в сравнении с расчетами инженерной модели установки. Как видно, расчетные показатели близки к фактическим, это означает, что инженерная модель АВТ-3 точно (до 99%) описывает режим работы установки и качество выпускаемой продукции

Таблица 1 – Сравнение фактических и расчетных параметров основной колонны К-2 установки АВТ-3

Контрольные параметры	АВТ-3	
	Фактические данные	Расчетные данные
Загрузка, т/ч	349	349
Колонна К-2		
Т верха, °С	136	137
Т низа, °С	356	352
Давл. верха, кгс/см ²	1.03	1.03
Давл. низа, кгс/см ²	1.36	1.36
Газ К-2	0	0
Бензин К-2, м ³ /ч	37	38
ТС с К-3/1, т/ч	3	3
Легкий компонент К-4, т/ч	6	7

КГФ с К-3/2, м ³ /ч	60	51
КГФ с К-3/3, м ³ /ч	63	54
Атм.остаток, т/ч	205	205
Качество продукции		
Конец кипения бензина К-1	175	172
Конец кипения бензина К-2	177	170.6
Конец кипения смеси бензинов	175	174
Т кипения 95% КГФ смесь	338	343
Т застывания	-10	-8

После завершения построения инженерных моделей АВТ-3 и АТ-2 определены задачи, направленные на повышение эффективности и оптимизацию работы установок. В начале задачи рассчитаны в моделях Hysys, затем проведены опытные пробеги непосредственно на установках АВТ-3 и АТ-2.

Задача 1. Проведение расчета в Hysys по стабилизации температуры кипения керосиногазойлевой фракции на установке АВТ-3

Целью задачи было стабилизировать температуру начала кипения керосиновой фракции путем достижения оптимальных технологических параметров атмосферной части установки АВТ-3 в соответствии с расчетами инженерной модели Hysys.

По расчетам в Hysys выявлена возможность улучшения разделения фракций бензина и керосина в колонне К4 и стабилизировать конец кипения бензиновой фракции и начало кипения керосиновой фракции. Для этого необходимо удерживать температуру возврата в куб колонны К-4 на уровне 197 °С (поток Boilup на рисунке 1).

В ходе опытного пробега наблюдались сильные колебания температуры верха и куба колонны К-4. Регулировка температуры колонны К-4 ведется посредством ручной регулировки подачи теплоносителя в ребойлер Т-20. Таким образом, технологическое ограничение по колонне К-4, препятствующее повышению четкости разделения бензиновой и керосиновой фракций, – это отсутствие возможности регулирования температуры низа колонны К-4 (ручное управление).

В результате подтверждена необходимость автоматизации регулировки подачи теплоносителя в К-4 для установления оптимальной температуры куба колонны К-4, что приведет к стабилизации температуры начала кипения керосиновой фракции.

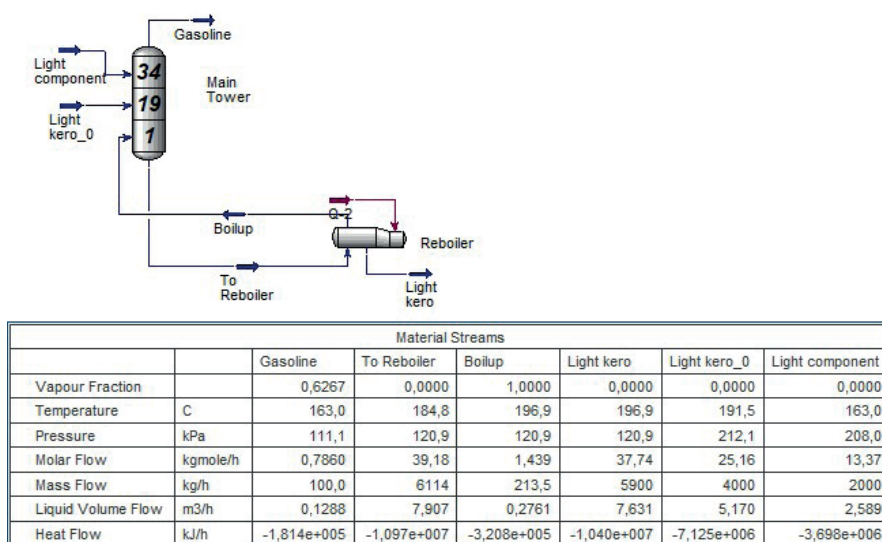


Рисунок 1 – Модель колонны К-4 в Hysys, расчетные параметры

Задача 2. Проведение расчета в Hysys по увеличению подачи пара в колонну К-2 для снижения содержания светлых фракций в мазуте на установке АТ-2

По проведенному расчету в Hysys выявлена возможность снижения содержания светлых фракций в мазуте за счет увеличения подачи пара в колонну К-2 (таблица 2).

Таблица 2 – Расчетные параметры при изменении расхода пара в колонну К-2

Параметры	1	2	3	4	5	6	7	8
Расход подачи пара в колонну К-2, кг/ч	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	7000
Остаток светлых фракций в мазуте, %	2,63	2,24	1,93	1,66	1,44	1,26	1,11	0,98

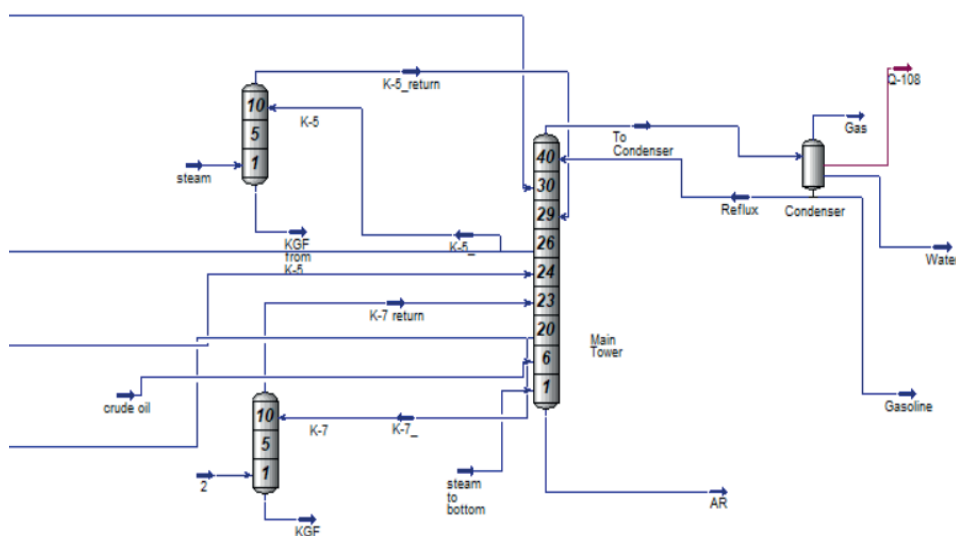


Рисунок 2 – Модель АТ-2 в среде Hysys

В ходе опытного пробегла удалось повысить расход пара до 5,2 т/час, повысить до 7 т/час не представилось возможным в связи с ограничением шкалы прибора учета пара в колонну К-2. С увеличением подачи пара до 5,2 т/час удалось снизить содержание светлых фракций в мазуте до 2,0% (рисунок 4, стр. 20). При этом выход прямогонного мазута снизился с 55% до 49,4%, выход бензина увеличился с 12% до 18%, выход КГФ – с 30,6% до 31% (рисунок 6, стр. 20). Выход светлых продуктов с АТ-2 увеличился с 44% до 50% (рисунок 5, стр. 20).

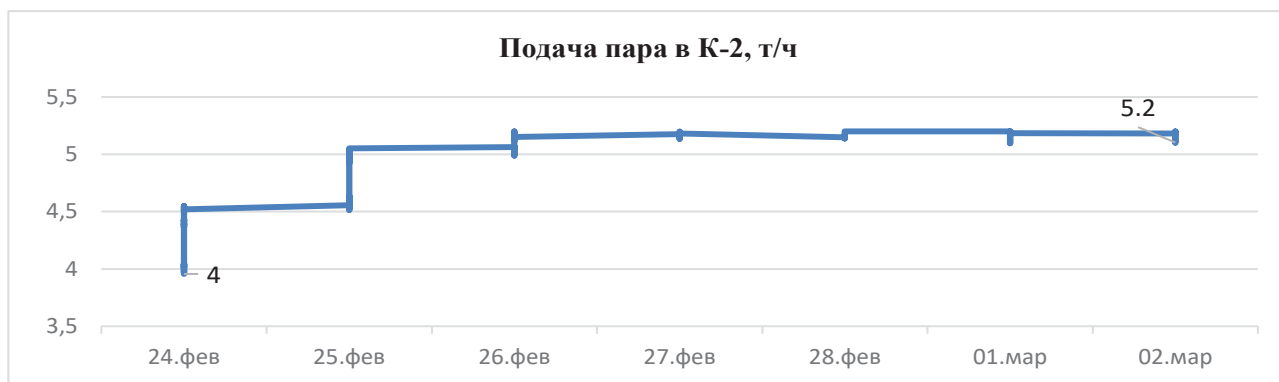


Рисунок 3 – Изменение подачи пара в колонну К-2

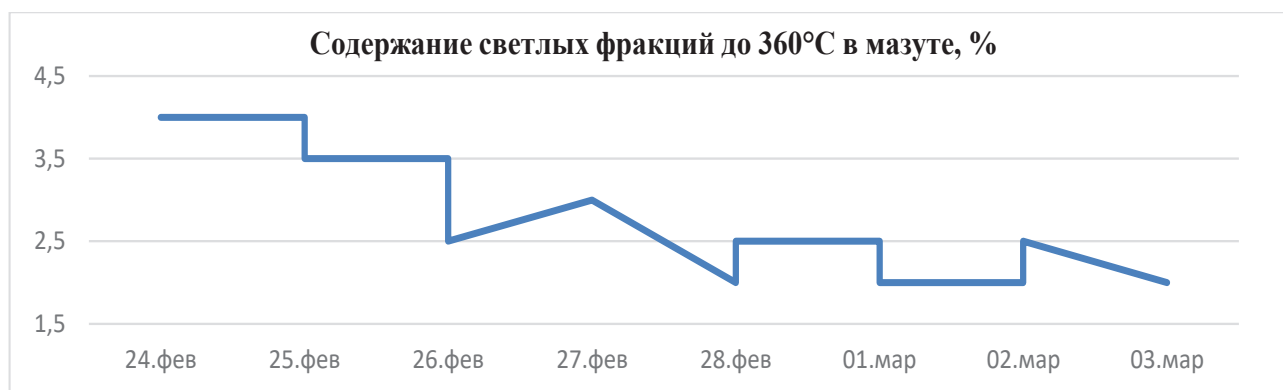


Рисунок 4 – Изменение содержания светлых фракций в мазуте

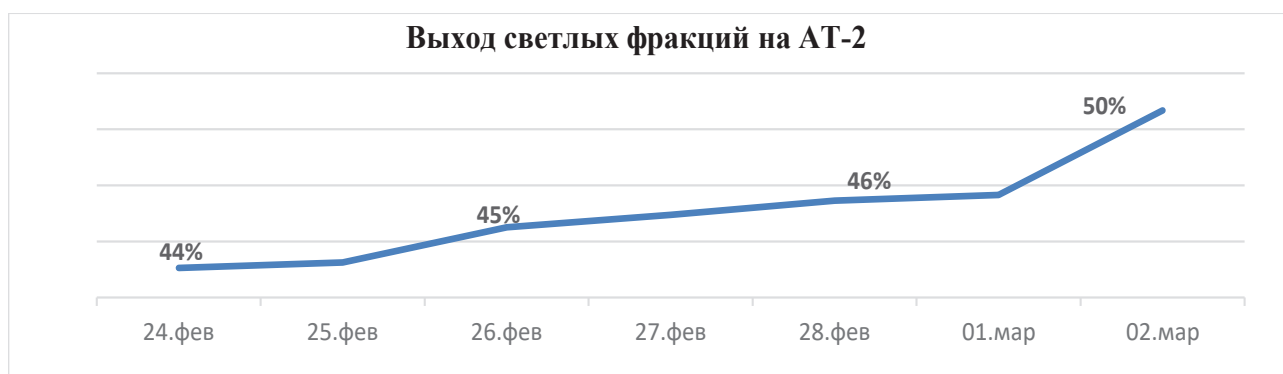


Рисунок 5 – Изменение выхода светлых фракций с АТ-2

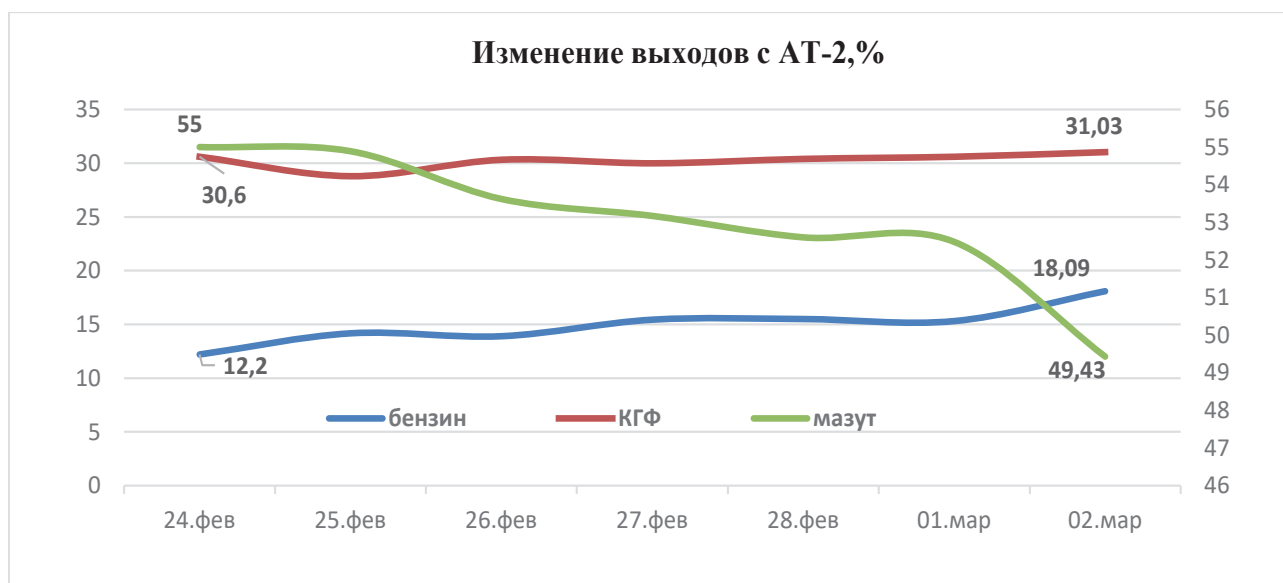


Рисунок 6 – Изменение выходов бензина, керосино-газойлевой фракции и мазута с АТ-2

Результаты и обсуждение

В результате по установке АВТ-3 по атмосферной части необходимо автоматизировать регулировку подачи теплоносителя в ребойлер колонны К-4 с целью нормализации температуры

в кубе колонны, что влияет на стабильность начала кипения керосиновой фракции. По установке АТ-2 достигнуто снижение содержания светлых фракций в мазуте и увеличение выхода бензина, керосино-газойлевой фракции.

Заключение

Проведенные инженерные расчеты по оптимизации работы установок первичной переработки нефти АВТ-3 и АТ-2 и проведенные опытные пробеги на установках подтвердили высокую эффективность использования Hysys для анализа работы установок, в том числе выявление проблемных мест на установках, которые не всегда очевидны.

REFERENCES

- 1 Osuolale F.N., Jie Zhang. Thermodynamic Optimization of Atmospheric Distillation Unit. *Computers and Chemical Engineering*, 2017, 29, pp.2–5
- 2 Osuolale F.N., Zhang J. Energy Efficiency Optimisation for Distillation Column Using Artificial Neural Network Models. *Energy*, 2016, 106, pp. 562–578.
- 3 Li J., Misener R., Floudas C.A. Continuous-Time Modeling and Global Optimization Approach for Scheduling of Crude Oil Operations. *AIChE J*, 2012, 58, pp. 205–226.
- 4 Osuolale F.N., Zhang J. Multiobjective Optimisation of Atmospheric Crude Distillation System Operations Based on Bootstrap Aggregated Neural Network Models. *Comput.-Aided Chem. Eng.*, 2015, 37, pp. 671–676.
- 5 Ochoa-Estropier L.M., Jobson M., Smith R. Operational Optimization of Crude Oil Distillation Systems Using Artificial Neural Networks. *Comput. Chem. Eng.*, 2013, 59, pp. 178–185.
- 6 Ledezma-Martínez M., Jobson M., Smith R. Simulation-optimisation-based Design of Crude Oil Distillation Systems with Preflash Units. *Proceedings of the 27th European Symposium on Computer Aided Process Engineering*, 2017, pp. 823–828.
- 7 Samborskaya M.A., Gusev V.P., Gryaznova I.A., Vdovushkina N.S., Volf A.V. Crude oil distillation with superheated water steam: parametric sensitivity and optimization. *Procedia Chemistry*, 2014, 10, pp. 337–342.

Сведения об авторе

Макашева Дина

Магистрант НОЦ ХИ Казахстанско-Британского технического университета, АО «НК «КазМунайГаз», сектор производственного планирования, ул. Кунаева, 8, БЦ «Изумрудный квартал», блок Б, 010000, г. Нур-Султан, Казахстан.

ORCIDID:0000-0003-3061-9755

E-mail: d.makasheva@kmg.kz

Авторлар туралы мәлімет

Макашева Дина

ХИ ҒБО Қазақстан-Британ техникалық университеті,

Жұмыс орны – «ҚазМұнайГаз» ҰК АҚ, өндірістік жоспарлау секторы

Мекенжайы: Қонаев 8, «Зұбаржат орамы» БО, Б блогы, 010000, Нұр-Сұлтан қ., Қазақстан

ORCIDID: 0000-0003-3061-9755

E-mail: d.makasheva@kmg.kz

Information about author

Makasheva Dina

2nd year master's student of Center of Chemical Engineering of the Kazakh-British Technical University

Place of work – JSC NC «KazMunayGas», production planning sector

Address: Kunaev st., 8, Business center "Emerald quarter", block B, 010000, Nur-Sultan, Kazakhstan

ORCIDID: 0000-0003-3061-9755

E-mail: d.makasheva@kmg.kz