УДК 621-039-542

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ТРЕНАЖЕРНЫЙ КОМПЛЕКС УСТАНОВКИ СТАБИЛИЗАЦИИ БЕНЗИНА В RTSIM.КАРЬЕРА

COMPUTER TRAINING COMPLEX FOR A GASOLINE STABILIZATION COLUMN IN THE RTSIM.CAREER

Замалеева Наиля Ильнуровна
студентка,
Казанский национальный исследовательский технологический университет

Лобода София Викторовна
студентка,
Казанский национальный исследовательский технологический университет

Пономарев Серафим Александрович
магистрант,
Казанский национальный исследовательский технологический университет

Салякин Антон Евгеньевич
аспирант,
Казанский национальный исследовательский технологический университет

Гарифуллина Эльвира Валерьевна
кандидат технических наук,
доцент кафедры химической технологии переработки нефти и газа,
Казанский национальный исследовательский технологический университет
zamaleevayasmina@2005gmail.com

Zamaleeva Nailya Ilnurovna
Student,
Kazan National Research Technological University

Loboda Sofia Viktorovna
Student,
Kazan National Research Technological University

Serafim Alexandrovich Ponomarev
Master's Student,
Kazan National Research Technological University

Salyakin Anton Evgenievich
Postgraduate Student,
Kazan National Research Technological University

Garifullina Elvira Valeryevna
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas Refining;
Kazan National Research Technological University
zamaleevayasmina@2005gmail.com

Аннотация. В профессии инженера-технолога главным аспектом является компетентное управление технологическим процессом, что включает в себя обеспечение безопасной эксплуатации установок, поддержание параметров технологического режима. В условиях высоких рисков, характерных для нефтегазовой отрасли, особую значимость приобретает использование современных цифровых тренажерных комплексов. Эти системы позволяют моделировать реальные производственные процессы, включая аварийные ситуации, что способствует повышению квалификации сотрудников и снижению вероятности ошибок. Одним из таких инструментов является тренажерный комплекс, разработанный для моделирования работы установки стабилизации бензина в инженерной среде RTSIM. Этот программный продукт сочетает в себе высокую точность моделирования технологических процессов с удобством интерфейса и гибкостью настройки, что делает его незаменимым инструментом для обучения и аттестации персонала. Тренажер позволяет детально изучить принципы работы установки стабилизации бензина, а также отработать действия при возникновении нештатных ситуаций.

Ключевые слова: цифровой тренажер, моделирование, ректификация, установка стабилизации бензина.

Annotation. In the profession of a process engineer, the main aspect is competent process management, which includes ensuring the safe operation of installations and maintaining the parameters of the technological regime. In conditions of high risks typical for the oil and gas industry, the use of modern digital training complexes is of particular importance. These systems allow you to simulate real production processes, including emergencies, which helps to improve the skills of employees and reduce the likelihood of errors. One of these tools is a training complex designed to simulate the operation of a gasoline stabilization unit in the RTSIM.Career. This software product combines high accuracy of process modeling with user-friendliness and flexibility of configuration, which makes it an indispensable tool for personnel training and certification. The simulator allows you to study in detail the principles of operation of the gasoline stabilization unit, as well as practice actions in case of emergency situations.

Keywords: digital simulator, modeling, rectification, gasoline stabilization unit.

Предприятия нефтегазопереработки являются опасными производственными объектами, в связи с использованием токсичных, легковоспламеняющихся и взрывоопасных веществ, а

также сложностью технологических процессов. Одним из главных условий обеспечения безопасности на предприятии и повышения эффективности производства является своевременное внедрение новых технологий [1, с. 2]. Компьютерные тренажерные комплексы представляют собой цифровую модель реальных производственных процессов, которые позволяют снизить потенциальные риски на производстве, связанные с человеческим фактором. Кроме того, цифровые тренажеры позволяют не только анализировать работу установки, но выполнять поиск наиболее экономически выгодного режима ведения процесса [2, с. 4]. В данной работе в качестве примера рассматривается цифровой тренажер установки стабилизации бензина, являющейся неотъемлемой частью получения товарного бензина на любом нефтеперерабатывающем заводе топливного типа.

Тренажерный комплекс РТСИМ.Карьера (Роботизированный Тренажер для Системного Инженерного Моделирования) представляет собой платформу, разработанную для практического обучения, моделирования и симуляции сложных технологических процессов. В рамках этой инженерной среды, можно также анализировать различные экономические показатели работы установки, помогающие оценивать эффективность действий оператора. Например, мониторинг расхода сырья, затрат на обслуживание оборудования, себестоимость товара и прибыль предприятия.

В рамках моделирования работы установки стабилизации бензина (рис. 1) РТСИМ.Карьера обеспечивает детализированное воспроизведение функционирования всех элементов системы, включая колонну стабилизации, теплообменное оборудование, сепарационные устройства, насосные агрегаты, а также системы автоматизированного управления и контроля.

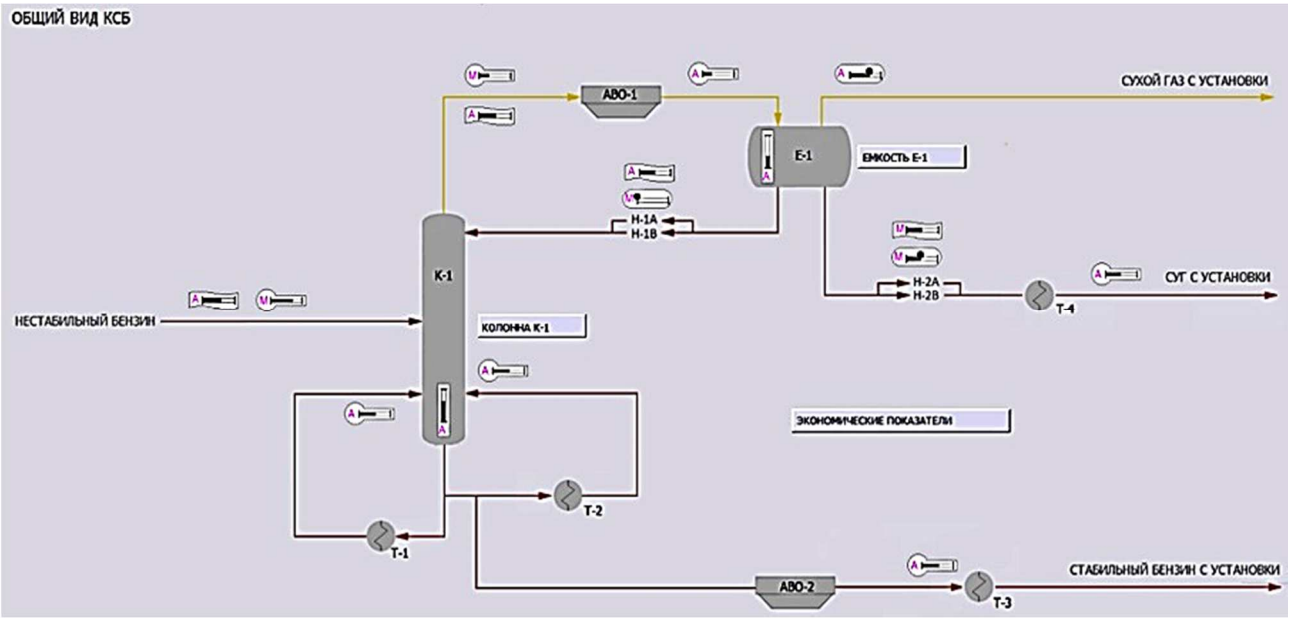

Рисунок 1 – Общий вид установки стабилизации бензина

Подаваемое на установку сырье – нестабильный бензин – поступает в колонну стабилизации, где происходит разделение бензиновой фракции от легких компонентов путем ректификации. В куб колонны организована подача горячей струи, легкокипящие компоненты переходят в газовую фазу, поднимаясь вверх по колонне и контактируют с жидкой фазой. Конденсация образовавшихся паров осуществляется в аппарате воздушного охлаждения АВО-1 [3, с. 5]. Тяжелая фракция (стабильный бензин) остается при этом в кубовой части колонны и выводится на границу установки для дальнейшего ее облагораживания. Особенностью установки, представленной в тренажере, является мягкий способ поддержания температуры куба колонны двумя ребойлерами. Обогрев части кубового продукта в ребойлере Т-1 осуществляется горячим теплоносителем путем рекуперативного теплообмена, а в ребойлере Т-2 паром среднего давления за счет его конденсации [4, с. 3].

Модуль «Экономика», внедренный в цифровые тренажеры РТСИМ.Карьера, позволяет не только проводить обучение персонала по безопасной эксплуатации установки, но и анализировать влияние режима процесса на технико-экономические показатели, благодаря расчету затрат на сырье, энергоносители и электроэнергию. На основе этих показателей рассчитывается себестоимость получения товарной продукции, от которой зависит рентабельность работы установки (рис. 2, 3).

Технико-экономические показатели

Наименование статей затрат	Сумма, руб	Норма расхода, кг/т
Материальные и энергозатраты:		
Затраты на сырье	18 726 745	1119
Затраты на перекачку горячего теплоносителя	96 880	1528
Затраты на перекачку пара среднего давления	3 300	52
Затраты на перекачку оборотной воды	30708	418
Затраты на работу насосов Н-1А/Н-1В и Н-2А/Н-2В	16125	
Затраты на работу АВО-1/АВО-2	52352	
Всего:	18922575	4181
Выработка:		
Стабильный бензин	23 289 850	
СУГ	789 715	
Сухой газ	68 290	
ВПР, руб	24147459	
Себестоимость, руб	21,18	
Прибыль/Убыток, руб	5224692	
Премия участника, руб	603686	

Рисунок 2 – Технико-экономические показатели при тепловой нагрузке Т1 = 50 %

Рисунок 3 – Экономические показатели при тепловой нагрузке Т1 = 50 % в РТСИМ.Карьера

В качестве примера работы экономического модуля рассматривается поиск рационального режима нагрева сырья ребойлерами Т-1 и Т-2 при разных степенях открытия клапана на первом теплообменнике. Обогрев части кубового продукта в ребойлере Т-1 осуществляется горячим теплоносителем путем рекуперативного теплообмена, а в ребойлере Т-2 паром среднего давления за счет его конденсации. Себестоимость товара уменьшается при большой тепловой нагрузке на Т-1, достигнув максимума на отметке открытия в 50 процентов, дальнейшее увеличение степени открытия приводит к тому, что тепловая нагрузка на куб колонны становится слишком большой, увеличивая затраты на последующие стадии охлаждения газового продукта колонны. Таким образом, режим работы установ-

ки при степени открытия клапана подачи теплоносителя в ребойлер Т-1 на уровне 50 % наиболее экономически выгодна по сравнению с другими режимами (табл. 1).

Таблица 1 – Экономические показатели

№ п/п	Степень открытия клапана на Т-1, %	Себестоимость, руб	Прибыль/Убыток, руб	Материальные затраты, руб
1	20	21,27	5130707	18882790
2	50	21,18	5224692	18922575
3	35	21,23	5170178	18852519
4	60	21,19	5214656	18741960

Таким образом, цифровые тренажеры РТСИМ.Карьера – это незаменимый инструмент изучения эксплуатации установок объектов нефтегазовой отрасли, позволяющий отрабатывать навыки управления установкой без риска для реального производства, правильно реагировать на внештатные ситуации (например, перегрев, утечки, колебания давления), применяемый для проверки квалификации операторов перед допуском к работе на реальной установке, а также для поиска наиболее выгодного режима работы на основе вычисляемых технико-экономических показателей.

Список литературы:

1. Цифровые тренажеры технологический процессов РТСИМ.Карьера для обеспечения безопасности в нефтехимическом комплексе / Р.Р. Габдрахманов [и др.] // В сборнике: Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий. Сборник научных статей. – Красноярск, 2023. – С. 131–135.
2. Деева В.С. Компьютерное моделирование в нефтегазовом деле // Издательство Томского политехнического университета, 2018.
3. Расчетные методы прогнозирования содержания светлых фракций в нефтях / Л.Р. Султанова [и др.] // Вестник Технологического университета. – 2022. – Т. 25. – № 6. – С. 105–109.
4. Пасконов В.М. Численное моделирование процессов тепло- и массообмена / В.М. Пасконов, В.И. Полежаев, Л.А. Чудов // Издательство «Наука». Главная редакция физико-математической литературы, 1984.

List of references:

1. Digital simulators of RTSIM technological processes.Career for safety in the petrochemical complex / R.R. Gabdrakhmanov [et al.] // In the collection: Science, Technology, Society: Environmental engineering in the interests of sustainable development of territories. Collection of scientific articles. – Krasnoyarsk, 2023. – P. 131–135.
2. Deeva V.S.Computer modeling in the oil and gas industry // Tomsk Polytechnic University Publishing House, 2018.
3. Computational methods for predicting the content of light fractions in oil / L.R. Sultanova [et al.] // Bulletin of the Technological University. – 2022. – Vol. 25. – № 6. – P. 105–109.
4. Pasconov V.M. Numerical modeling of heat and mass transfer processes / V.M. Pasconov, V.I. Polezhaev, L.A. Chudov // Nauka Publishing House. The main editorial office of the physico-mathematical literature, 1984.