

УДК 66.021.2.3.048

EDN [YEJZLI](#)

## Применение цифровых тренажеров RTSIM.карьера в образовании

Д.И. Гарафутдинова, И.В. Мерзляков, Э.В. Гарифуллина\*, В.В. Бронская

Казанский национальный исследовательский технологический университет, ул. Карла Маркса, 68, Казань, Респ. Татарстан, 420015, Россия

\*E-mail: GarifullinaEV@fnnh.ru

**Аннотация.** В профессии инженера-технолога особенно важно уметь управлять технологическим процессом: безопасная эксплуатация установок, поддержание параметров технологического режима работы, обеспечение комплекса предупредительных сигналов и метрологической поддержки заданных параметров качества продукции. Для этого многие компании используют цифровые тренажеры, незаменимые инструменты в профессиональной подготовке сотрудников нефтегазовой промышленности, которые позволяют им тренироваться в различных ситуациях и условиях, возникающих в процессе работ. Этот метод способен не только повысить квалификацию работников, но и минимизировать расходы на обучение кадров, так как сотрудникам предоставляется возможность самостоятельно отрабатывать определенные навыки и умения. Кроме того, работа на таком тренажере позволяет избежать инцидентов, которые могут привести к серьезным последствиям, как для сотрудников предприятия, так и для окружающей среды. В данной статье детально рассмотрен один из типов данных тренажеров – инженерная среда RTSIM.карьера - сочетающая адекватность моделирования с удобством и простотой разработки тренажера. Этот комплекс предназначен для обучения и контроля знаний работников по освоению технологического процесса, системы управления, а также различных сценариев эксплуатации. Представлены достоинства программы, ее интерфейс, краткое описание тренажеров технологических установок, а также ее производственная значимость.

**Ключевые слова:** тренажер, моделирование, образование.

## Digital simulation of the absorption process in the RTSIM engineering environment

D.I. Garafutdinova, I.V. Merzlyakov, E.V. Garifullina\*, V.V. Bronskaya

Kazan National Research Technological University, 68 Karl Marx st., Kazan, 420015, Russia

\*E-mail: GarifullinaEV@fnnh.ru

**Abstract.** In the profession of a process engineer, it is especially important to be able to manage the technological process: safe operation of installations, maintaining the parameters of the technological mode of operation, providing a set of warning signals and metrological support for the specified parameters of product quality. For this purpose, many companies use digital simulators, indispensable tools in the professional training of oil and gas industry employees, which allow them to train in various situations and conditions that arise during the work process. This method can not only improve the skills of employees, but also minimize the cost of training personnel, as employees are given the opportunity to independently develop certain skills and abilities. In addition, working on such a simulator allows you to avoid incidents that can lead to serious consequences, both for employees of the enterprise and for the environment. This article discusses in detail one of the types of these simulators – the RTSIM engineering environment - combining the adequacy of modeling with the convenience and simplicity of developing a simulator. This complex is designed to train and control employees, knowledge on mastering the technological process, control system, as well as various operating scenarios. The advantages of the program, its interface, a brief description of the simulators of technological installations, as well as its production significance are presented.

**Keywords:** simulator, modeling, education.

## 1. Введение

В последнее время цифровые тренажеры нашли широкое применение в различных отраслях. Они позволяют обучаться, не рискуя жизнью и здоровьем, и сокращают риски для окружающих. Особенно важно это в таких отраслях, как авиация, космическая и нефтегазовая промышленность, где промах может привести к катастрофе. Предприятия нефтегазового комплекса взрывопожароопасны, поэтому персоналу таких производств обязательно необходимо проходить обучение на тренажерах. Студентам, которые обучаются по направлениям химическая технология и в будущем планируют связать свою жизнь с нефтегазовой отраслью для безопасного перехода от студенческой скамьи к рабочему месту, для снижения времени адаптации на рабочем месте необходимо еще в институте учиться работать на цифровых тренажерах процессов, схожих с теми, что применяются на производствах. Для этого на кафедре ХТПНГ ФГБОУ ВО «КНИТУ» в процессе обучения применяют тренажеры РТСИМ. Карьера [1-5].

Среда предоставляет возможность моделировать различные инженерные процессы, сохраняет полученные данные в базе, на основе которых выявляются закономерности, тренды и аномалии, которые могут указывать на проблемы или потенциальные риски.

## 2. Постановка задачи (Цель исследования)

При использовании цифровых тренажеров решается задача безопасного изучения основных технологических процессов, ознакомление представленных тренажеров, возможность отработки теоретических знаний и практических умений в режиме реального времени на поле оператора с установками, максимально приближенных к реальным.

Тренажер РТСИМ - роботизированный тренажер для системного инженерного моделирования, включающий в себя практическое обучение, моделирование и симуляцию. Среда предоставляет возможность моделировать различные инженерные процессы, сохраняет полученные данные в базе, на основе которых выявляются закономерности, тренды и аномалии, которые могут указывать на проблемы или потенциальные риски.

### 3. Методы и материалы исследования

В работе оператора химико-технологический процессов наиболее значимые операции: пуск, останов и ведение процесса, и выход из аварийных ситуаций. Для изучения и закрепления таких последовательностей компьютерный тренажер должен обладать соответствующим функционалом. РТСИМ. Карьера предоставляет инструктор со списком действий оператора (рисунок 1), журнал сработок ПАЗ (рисунок 2), параметры технологического режима (рисунок 3).

Протокол виртуального инструктора							
Содержание инструкции						Выполнение инструкции	
№	Объект	Расположение объекта	Действие над объектом	Параметры	Состояние	Последов-ть	Параметры
1	Z-001	На линии кислого газа	закрыть ручную задвижку		выполнено	соблюдена	
2	U-004	На линии отработ. газа на факел	открыть отсечной клапан		выполнено	соблюдена	
3	U-005	На линии отработ. газа на г/у	закрыть отсечной клапан		выполнено	соблюдена	
4	TIRCA-012	На линии насыщ. МЭА к г.у.	включить руч. режим		выполнено	соблюдена	
5	TIRCA-012	На линии насыщ. МЭА к г.у.	закрыть регулирующий клапан		выполнено	соблюдена	
6	Z-013	На линии реген. МЭА (обр.)	закрыть ручную задвижку		выполнено	соблюдена	
7	Z-012	На линии реген. МЭА (прям.)	закрыть ручную задвижку		выполнено	соблюдена	
8	FIRCA-001	На линии регенер. МЭА в К-001	включить руч. режим		выполнено	соблюдена	
9	FIRCA-001	На линии регенер. МЭА в К-001	закрыть регулирующий клапан		выполнено	соблюдена	
10	FIRCA-003	На линии насыщ. МЭА к г.у.	включить руч. режим		выполнено	соблюдена	
11	FIRCA-003	На линии насыщ. МЭА в Т-001	открыть регулирующий клапан	100 %	выполнено	соблюдена	100,00
12	Z-009	На линии нагнетания Н-003	закрыть ручную задвижку		выполнено	соблюдена	
13	H-001A		отключить		выполнено	соблюдена	
14	Z-014	На линии дренажа К-001	открыть ручную задвижку	100,00 %	выполнено	соблюдена	100,00

Рисунок 1. Виртуальный инструктор.

Журнал сработки блокировок системы ПАЗ						
№	Наименование блокировки ПАЗ	Причина	Наименование объекта	Позиция объекта	Команда	Время и дата
1.	Высокое давление в E-1		Клапан	UV-005	Открыть	23:31:47 06.11.2024
2.	Низкий уровень E-1		Насос	H-1A	Отключить	23:37:13 06.11.2024
3.	Низкий уровень E-1		Насос	H-1B	Отключить	23:37:13 06.11.2024

Рисунок 2. Журнал сработок ПАЗ.

Журнал параметров технологического режима										
№	Позиция	Параметр	Значение	Задание	Норма ↓	Норма ↑	LL	L	H	HH
1.	PIR-107B	Давление, КПа	603,513	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2.	PIRCA-001	Давление, КПа	576,550	576,600	520	580	-----	500	600	-----
3.	PIR-107A	Давление, КПа	576,550	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
4.	PIR <sub>PIR-107A</sub>	Давление, КПа	639,077	-----	620	680	-----	-----	-----	-----
5.	PZSA-111	Давление, КПа	541,693	-----	-----	-----	-----	-----	-----	650
6.	PIR-112	Давление, КПа	687,125	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7.	PIRCA-002	Давление, КПа	460,317	500,000	480	530	-----	430	530	570
8.	PIR-119	Давление, КПа	184,692	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
9.	PIR-101	Давление, КПа	218,968	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
10.	AIRA-002	Концентрация, %масс	85,848	-----	80	96	-----	85	-----	-----
11.	AIRA-001	Концентрация, %масс	94,406	-----	80	99	-----	85	-----	-----
12.	И-бутан	Концентрация, %масс	30,840	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
13.	Н-бутан	Концентрация, %масс	67,760	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
14.	Н-бутан	Концентрация, %масс	0,000	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
15.	И-бутан	Концентрация, %масс	0,000	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
16.	PDIRA-107A	Разность давлений, КПа	26,963	-----	-----	-----	-----	-----	33	-----
17.	PDIRA-107B	Разность давлений, КПа	35,564	-----	-----	-----	-----	-----	37	-----
18.	PDIRA-107C	Разность давлений, КПа	62,527	-----	-----	-----	-----	-----	70	-----
19.	FIRCA-001	Расход, кг/ч	16631,902	16700,000	15500	19000	-----	14750	19750	-----
20.	FIR-109	Расход, кг/ч	36202,298	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
21.	FIR-118	Расход, кг/ч	5315,142	-----	5000	7900	-----	-----	-----	-----
22.	FIR-102	Расход, кг/ч	11497,266	-----	10500	12500	-----	-----	-----	-----
23.	FIRA-122	Расход, кг/ч	247249,364	-----	321000	339600	-----	-----	-----	-----
24.	FIRC-003	Расход, кг/ч	0,000	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
25.	TIRCA-002	Температура, °C	50,828	50,800	48	51	-----	46	53	-----

Рисунок 3. Параметры технологического режима.

#### 4. Полученные результаты

В функционал приложения входят такие возможности, как:

- имитация процессов различных уровней сложности (рисунок 4);
- изучение работы аппаратов химической технологии;
- отработка правильной последовательности действий при нормальном пуске и нормальном останове оборудования;
- отработка быстрых и точных действий при аварийном останове оборудования по наиболее распространенным причинам;
- мониторинг экономических показателей (рисунок 5).

Обучение			
№	НАИМЕНОВАНИЯ УПРАЖНЕНИЙ	КОЛ-ВО ВЫПОЛНЕНИЙ	СУММАРНАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ
1.	Емкость буферная	0	00:00:00
2.	Емкость рефлюксная	0	00:00:00
3.	Теплообменник	0	00:00:00
4.	Ребойлер	0	00:00:00
5.	Аминовая очистка	0	00:00:00
6.	Колонна разделения бутанов	0	00:00:00
6.1.	Ведение ТП	0	00:00:00
6.2.	Нормальный пуск	0	00:00:00
6.3.	Нормальный останов	0	00:00:00
6.4.	Полное разрушение контактора С-1	0	00:00:00
6.5.	Прекращение подачи электричества	0	00:00:00
6.6.	Разгерметизация насоса	0	00:00:00
6.7.	Автоматизация	0	00:00:00
7.	Колонна разделения бутанов АВО	0	00:00:00
8.	Колонна разделения бутанов - экономика производства	0	00:00:00
9.	ЭЛОУ-АВТ	0	00:00:00
10.	Установка подготовки нефти	0	00:00:00
11.	Колонна стабилизации бензинов	0	00:00:00
12.	Газокомпрессорная станция поршневого типа	0	00:00:00
13.	Газокомпрессорная станция центробежного типа	0	00:00:00
14.	Узел коммерческого учета газового конденсата	0	00:00:00

Рисунок 4. Список упражнений.

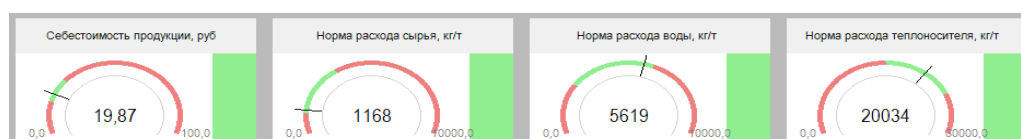


Рисунок 5. Ключевые экономические показатели.

#### 5. Выводы

Внедрение цифровых тренажеров в образовательный процесс позволяет более плавно перейти от изучения теоретических основ ведения химико-технологических процессов к управлению ими на реальных производствах. Тренажер РТСИМ.Карьера соответствует всем необходимым требованиям, которые позволяют обеспечить

возможность практической отработки теоретических знаний без риска ошибок в реальных условиях, создать условия для симуляции реальных производственных и управленческих процессов, что способствует улучшению профессиональных компетенций. Широкий список упражнений, регулярные чемпионаты, частые обновления и качественная системная поддержка делают данное приложение востребованным среди работников и студентов нефтегазохимической промышленности.

### Список литературы

1. Габдрахманов Р.Р. Цифровые тренажеры технологических процессов РТСИМ.Карьера для обеспечения безопасности в нефтехимическом комплексе / Р.Р. Габдрахманов, Э.В. Гарифуллина, В.В. Бронская, А.И. Черевина, Э.И. Мустеева // В сборнике: Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий. Сборник научных статей. Красноярск, 2023. – С. 131-135.
2. Федотов Р.А. Модифицированный алгоритм планирования процессов / Р.А. Федотов, В.В. Бронская, Д.С. Бальзамов, Т.В. Игнашина, Э.В. Гарифуллина, К.Х. Гарипов, А.В. Шипин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2024. – № 7. – С. 203-205.
3. Султанова Л.Р. Расчетные методы прогнозирования содержания светлых фракций в нефтях / Л.Р. Султанова, Р.Н. Костромин, В.В. Бронская, О.С. Харитонова, Т.В. Игнашина, Э.В. Гарифуллина // 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.
5. Деева В.С. Компьютерное моделирование в нефтегазовом деле / В.С. Деева. – Издательство Томского политехнического университета, 2018.-85 с.