УДК 371.693.4

**РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЕРА-ИМИТАТОРА ДЛЯ
ОТРАБОТКИ НАВЫКОВ ДЕЙСТВИЯ ПЕРСОНАЛА
ПРИ НЕШТАТНЫХ И АВАРИЙНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ
ТРУБЧАТОЙ ПЕЧИ**

**DEVELOPMENT OF A VIRTUAL SIMULATOR FOR PRACTICING
SKILLS IN THE PERSONNEL ACTIONS IN ABNORMAL
AND EMERGENCY MODES OF TUBE FURNACES OPERATION**

Баширов М.Г., Павлова З.Х., Хафизов А.М.

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,
филиал в г. Салавате, г. Салават, Российская Федерация**

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация**

M.G. Bashirov, Z.Kh. Pavlova, A.M. Khafizov

**Ufa State Petroleum Technological University, Salavat Branch,
Salavat, Russian Federation**

**Ufa State Petroleum Technological Universit, Ufa, Russian Federation
e-mail: alik_hafizov@mail.ru**

Аннотация. Технологические установки предприятий нефтегазовой отрасли являются опасными производственными объектами. Они имеют высокие показатели возникновения нештатных и аварийных ситуаций. Интерактивность симуляторов позволяет персоналу предприятий тренироваться в условиях, максимально приближенных к реальным.

Очевидно, что самое главное в решении задачи обучения персонала грамотному поведению в нештатных и аварийных ситуациях – это

донесение необходимой информации до обучаемого, ее максимальная наглядность и запоминаемость, а также отработка необходимых навыков.

Предлагаемая структура тренажера включает в себя четыре раздела.

Раздел первый, ознакомительный. В нем описывается назначение трубчатых печей, их применение на предприятиях нефтегазовой отрасли.

Второй раздел посвящен автоматизации трубчатых печей. Описаны параметры, которые контролируются и отслеживаются при работе печей, а также контуры управления, используемые для их автоматизации.

Третий раздел тренажера-имитатора посвящен аварийным ситуациям. В нем описывается аварийные ситуации, которые могут возникнуть в трубчатых печах, приведены деревья отказов для различных аварийных (нештатных) ситуаций.

Четвертый раздел – тестирование систем аварийно-предупредительной сигнализации (АПС) и противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ).

Разработана дополнительная предупредительная сигнализация, которая связана со скоростью коксообразования, а именно с ее резким возрастанием и достижением критической величины.

Модель трубчатой печи, заложенная в основу тренажера-имитатора, позволяет динамически вычислять и отслеживать напряженно-деформированное состояние змеевиков, что может быть использовано для определения их предельного состояния и предотвращения аварийных и штатных ситуаций.

Abstract. Technological plants of the oil and gas industry are considered hazardous production objects. They have high rates of occurrence of abnormal and emergency situations. The interactive simulator allows personnel to train in conditions as close to real.

Obviously, the most important thing in solving the problem of personnel training proper behavior in abnormal and emergency situations is to deliver

necessary information to the learner, for maximum visibility and memorability, and develop the necessary skills.

The proposed structure of the simulator is comprised of four sections.

The first part is for guidance only. It describes the purpose of the tubular furnaces, their use at the enterprises of the oil and gas industry.

The second part is devoted to the automation of tubular furnaces. Describes the parameters that are monitored and tracked at the furnaces, and the control loops used for their automation.

The third part of the simulator-imitator is dedicated to emergency situations. It describes an emergency situation that may arise in a tubular furnace, the fault tree for different emergency situations.

The four part – testing systems emergency warning alarms and emergency automatic protection.

Developed additional warning alarm associated with the speed of coking, namely with its sharp increase and reaches a critical value.

Model tubular furnace, which provides the Foundation of the simulator-the simulator allows you to dynamically calculate and track stress-strain state of tubular coils that can be used for determining their ultimate status and the prevention of accidents and emergency situations.

Ключевые слова: трубчатая печь, аварийно-предупредительная сигнализация, противоаварийная автоматическая защита, виртуальный тренажер, трубчатый змеевик, скорость коксообразования, виртуальные анализаторы.

Kew words: tube furnace, emergency warning alarm, emergency automatic protection, virtual simulator, the tubular coil, the rate of coking, virtual analyzers.

Введение

Технологические установки предприятий нефтегазовой отрасли являются опасными производственными объектами. Они имеют высокие показатели возникновения нештатных и аварийных ситуаций [1].

Интерактивность симуляторов позволяет персоналу предприятий тренироваться в условиях, максимально приближенных к реальным. Применение виртуальных моделей реального оборудования, технологических процессов, различного рода аварийных и нештатных ситуаций позволяет многократно воспроизводить те или иные режимы работы и условия, не затрачивая при этом ресурсов настоящего оборудования и не подвергая опасности производственный объект и персонал.

На данный момент основными методами подготовки персонала на рабочем месте являются [2, 3]:

- приобретение опыта в процессе рабочей деятельности;
- изучение теоретической информации, техники безопасности;
- ротация сотрудников;
- сотрудничество наставника и ученика, когда наставник периодически контролирует уровень выполнения работы;
- сотрудничество в рабочих группах.

Основными недостатками данных традиционных методов подготовки персонала являются [2]:

- слишком длительное обучение сотрудника, не имеющего большого опыта работы, и делающего его на этот период фактически неспособным выполнять свои основные функциональные обязанности;
- абстрактная теоретическая информация недостаточна для приобретения практических навыков;
- снижение эффективности наставника как работника.

Поэтому наиболее эффективным для подготовки персонала на производстве является использование современных интерактивных технологий обучения, в частности виртуальных симуляторов, тем более, что применение такого рода симуляторов обязательно для опасных производственных объектов [4].

1. Принципы, заложенные в основу имитатора-тренажера трубчатой печи

Очевидно, что самое главное в решении задачи обучения персонала грамотному поведению в нештатных и аварийных ситуациях – это донесение необходимой информации до обучаемого, ее максимальная наглядность и запоминаемость, а также выработка необходимых навыков. Поэтому предлагаемый подход содержит в себе несколько базовых принципов.

Первый принцип состоит в максимальной визуализации информации. Яркая картинка отложится в памяти намного лучше, чем несколько абзацев текста. Поэтому необходимо уменьшить количество текста, при этом максимально упростив используемую лексику (до разумных пределов) и как можно больше использовать фотографии, инфографику, рисунки и мнемосхемы.

Второй принцип – интерактивность. В случае, когда пользователь может взаимодействовать с происходящим на экране компьютера, процесс запоминания формируется не на повторении, а на получении опыта.

Реализация выше описанных принципов осуществляется в данной работе на примере установок с трубчатыми печами. Это обусловлено тем, что трубчатая печь является одним из наиболее опасных промышленных объектов, обладающих повышенными параметрами риска.

Предлагаемая структура тренажера включает в себя *четыре раздела*.

Раздел первый, ознакомительный. В нем описывается назначение трубчатых печей, их применение на предприятиях нефтегазовой отрасли.

Представлена информация о конструкционных особенностях трубчатых печей, их классификация, основные характеристики технологического процесса [5, 6].

Второй раздел посвящен автоматизации трубчатых печей. Описаны параметры, которые контролируются и отслеживаются при работе печей, а также контуры управления, используемые для их автоматизации.

Третий раздел тренажера-имитатора посвящен аварийным ситуациям. В нем описываются аварийные ситуации, которые могут возникнуть в трубчатых печах, приведены деревья отказов для различных аварийных (нештатных) ситуаций с расчетом вероятности безотказной работы и их интерактивная визуализация в программном продукте [7].

Четвертый раздел – тестирование систем аварийно-предупредительной сигнализации (АПС) и противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ). В этом разделе представлена мнемосхема трубчатой печи, а также реализована визуализация как систем АПС и ПАЗ, применяемых на современных трубчатых печах, так и предлагаемого улучшения в системе АПС с возможностью интерактивного взаимодействия и отображения скорости коксообразования [8].

2. Реализация имитатора-тренажера

Для реализации имитатора-тренажера была выбрана программа Game Maker Pro 8.0. Она представляет собой объединение интегрированной среды разработки со скриптовым языком программирования GML и искусственного интеллекта, отвечающего за обеспечение основных технологий, таких как вывод графики и звука, взаимодействие с пользователем посредством устройств ввода-вывода, функций вычислений и т.д. Данная программа выбрана по причине простоты реализации и стабильности полученных программных продуктов, что является следствием компонентной структуры среды разработки.

Выбранное разрешение разрабатываемого программного продукта – 1600x900 пикселей, FPS (количество кадров в секунду) – 60. Объем используемой оперативной памяти – около 150 Мб. Взаимодействие с пользователем осуществляется при помощи компьютерной мыши либо сенсорного экрана.

Написание логики для тренажера-имитатора осуществляется на встроенном в Game Maker языке программирования GML (Game Maker Language). Это версия упрощенного языка высокого уровня C++/C#. В его наборе есть все необходимые функции и операторы для написания скриптов, которые будут управлять всеми элементами тренажера. Данный язык программирования имеет возможность обращаться к переменным других объектов через «точку», запускать различные события других объектов. Данные функции сильно упрощают реализацию сложных алгоритмов, в которых задействовано несколько объектов со своими локальными переменными. Это исключает необходимость в объявлении дополнительных переменных, которые будут нерационально расходовать оперативную память компьютера [9].

В случае недостатка встроенного функционала и возможностей Game Maker позволяет разрабатывать свои собственные расширения и импортировать их в среду разработки в формате dll или gex. Стоит также отметить быстроедействие данного языка, что, несомненно, является еще одним преимуществом выбора среды Game Maker для разработки тренажера.

В начале разработки был создан *загрузочный экран и экран «меню с кнопками»* для перехода к основным разделам тренажера (рисунок 1).

Далее был создан *первый раздел* имитатора-тренажера: «Трубчатые печи: устройство». Он состоит из двух экранов. На 3-х вкладках первого экрана представлена общая информация о трубчатых печах, их устройстве и применении. Здесь же представлены фотографии трубчатых печей с функцией слайд-шоу. Вверху экрана находится кнопка для перехода на

следующий экран, внизу экрана – кнопка для возврата в основное меню тренажера-имитатора.

Рисунок 1. Экран меню с кнопками для перехода к основным разделам тренажера-имитатора

На втором экране (рисунок 2) представлена информация об основных конструктивных элементах трубчатых печей нефтегазовой отрасли. Описываемые элементы отображены на рисунке трубчатой печи. Вверху экрана находится кнопка для возвращения на предыдущий экран, внизу экрана – кнопка для возврата в основное меню тренажера-имитатора.

Далее был реализован *второй раздел* имитатора-тренажера: «Трубчатые печи: автоматизация». Он состоит из одного экрана, позволяющего изучить различные способы автоматизации печей. На экране присутствует схема трубчатой печи с анимацией и описанием текущего контура управления. Вверху экрана находится кнопка для возвращения на предыдущий экран, внизу экрана – кнопка для возврата в основное меню тренажера (рисунок 3).

Рисунок 2. Второй экран раздела «Трубчатые печи: устройство»

Рисунок 3. Экран раздела «Трубчатые печи: автоматизация»

Третий раздел «Трубчатые печи: аварийные ситуации» состоит из трех экранов. Первый предназначен для выбора аварийной ситуации

(рисунок 4) и предоставляет оператору (обучающемуся) две специфические для трубчатых печей нештатные ситуации.

Рисунок 4. Экран раздела «Трубчатые печи: автоматизация»: выбор аварийной ситуации

Второй экран предназначен для отображения дерева отказов при взрыве внутри трубчатой печи (рисунок 5).

Третий экран предназначен для отображения дерева отказов при пожаре внутри трубчатой печи (рисунок 6).

Четвертый раздел «Тестирование систем АПС и ПАЗ» представляет собой совокупность двух экранов.

Рисунок 5. Экран раздела «Трубчатые печи: автоматизация»: реализация дерева отказов для аварийной ситуации – взрыв внутри печи

Рисунок 6. Экран раздела «Трубчатые печи: автоматизация»: реализация дерева отказов при аварийной ситуации – пожар внутри печи

На первом изображена упрощенная мнемосхема двухкамерной трубчатой печи с возможностью иллюстрации работы систем АПС и ПАЗ, которые применяются на современных трубчатых печах, при закоксовывании и прогаре змеевика печи [10]. Изменяя ключевые параметры, пользователь (обучающийся) может вызывать срабатывание аварийных сигнализаций и противоаварийной автоматической защиты (рисунки 7 и 8). При этом необходимо выбирать посредством стрелок, работу какой системы предполагается наблюдать: АПС или ПАЗ.

Системы АПС и ПАЗ, контролирующие закоксовывание и прогар змеевиков

Рисунок 7. Отображение работы системы АПС

На втором экране проиллюстрирована работа предлагаемых нововведений в системе АПС. Предлагаемая дополнительная сигнализация

связана с параметром скорости коксообразования, а именно с ее резким возрастанием и достижением критической величины. Резкое изменение скорости коксообразования говорит о неоптимальном режиме работы, как с экономической точки зрения, так и с точки зрения пожарной и промышленной безопасности. Учитывая лавинообразную форму изменения закоксовывания во времени, можно спрогнозировать время предельного закоксовывания змеевиков трубчатой печи и их прогар.

Системы АПС и ПАЗ, контролирующие закоксовывание и прогар змеевиков

Рисунок 8. Отображение работы системы ПАЗ

На втором экране также представлена мнемосхема двухкамерной трубчатой печи с элементами (виртуальными датчиками), позволяющими контролировать и влиять на параметры работы печи, от которых напрямую зависит скорость коксообразования. На экране присутствуют два тренда,

отображающие динамику изменения этих величин: температуры (на примере технологического процесса пиролиза) и парциального давления углеводородов [11].

Отдельный тренд отображает изменение скорости коксообразования с учетом влияния выше описанных параметров. Для решения задачи вычисления текущей скорости коксообразования предлагается использование виртуального анализатора, входящего в систему АСУ ТП. Его работа основывается на обработке избыточной информации и вычислении косвенных величин, а также вычислении динамики скорости коксообразования. Работа виртуального анализатора моделируется вычислениями имитатора-тренажера (рисунки 9, 10).

Рисунок 9. Отображение работы предлагаемой системы АПС

Рисунок 10. Отображение работы предлагаемой системы ПАЗ

Выводы

Результатом проведенных исследований является разработка имитатора-тренажера для нештатных и аварийных режимов работы трубчатых печей в интегрированной среде Game Maker 8.0 Pro. Главная цель применения разработанного тренажера — повышение профессиональной квалификации персонала технологических установок с трубчатыми печами, в том числе специалистов АСУ ТП, обслуживающих системы АПС и ПАЗ, отработка навыков действия в нештатных и аварийных ситуациях, результатом чего является повышение пожарной и промышленной безопасности данных установок.

В процессе предварительного анализа были рассмотрены процессы коксообразования и прогара змеевиков трубчатых печей, выявлены основные параметры, влияющие на скорость коксообразования в змеевиках. Были разработаны модели улучшенных систем АПС и ПАЗ в приложении к проблеме коксообразования и прогара змеевиков.

Предложен дополнительный контур для системы аварийно-предупредительной сигнализации, основанный на отслеживании изменения скорости коксообразования, вычисляемой виртуальным анализатором с использованием параметров процесса (на примере технологического процесса пиролиза) и ретроспективных данных из баз данных предприятия.

Закоксовывание змеевиков трубчатых печей часто является причиной их прогорания и возникновения аварийных ситуаций, сопровождающихся значительным экономическим и экологическим ущербом, представляющих опасность для персонала установки. Предлагаемые улучшенные системы АПС и ПАЗ позволяют повысить безопасность технологического процесса, увеличить межремонтный пробег и срок службы змеевиков.

Модель трубчатой печи, заложенная в основу тренажера-имитатора, позволяет динамически вычислять и отслеживать напряженно-деформированное состояние змеевиков, что может быть использовано для определения их предельного состояния и предотвращения аварийных и нештатных ситуаций.

Работа выполнена при поддержке внутривузовского гранта ФГБОУ ВО УГНТУ «Инновационные образовательные технологии для формирования компетенций выпускника вуза 2016 года» (Договор № ГР-УП-69/2016 от 18.04.2016 г., проект «Разработка виртуального имитационного тренажера для повышения безопасности эксплуатации трубчатой печи»).

Список использованных источников

1. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа / С.А. Ахметов, Т.П. Сериков, И.Р. Кузеев, М.И. Баязитов. СПб.: Недра, 2006. 868 с.

2. Хафизов А.М., Юхин Е.Г., Аслаев Р.Р. Разработка имитатора работы трубчатой печи для повышения безопасности технологического процесса и экономии энергоресурсов // Энергоэффективность и энергобезопасность производственных процессов: сборник трудов IV Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистров, аспирантов (Тольятти, 12-14 апреля 2016 года). Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. С. 343-346.

3. Гайсина Л.М. Трансформация системы управления персоналом в условиях социальных изменений: нефтегазовый комплекс России. Уфа: Изд-во «Восточная печать», 2014. 224 с.

4. Хафизов А.М., Баширов М.Г., Чурагулов Д.Г., Аслаев Р.Р. Разработка системы «усовершенствованное управление» для оценки ресурса трубчатой печи и повышения эффективности противоаварийной автоматической защиты // Фундаментальные исследования. 2015. № 12-3. С. 536-539.

5. Мухина Т.Л., Барабанов Н.Л., Бабаш С.Е. Пиролиз углеводородного сырья. М.: Химия, 2011. 240 с.

6. Баязитов М.И. Повышение долговечности змеевиков трубчатых печей: дис. ... канд. тех. наук. Уфа, 1998. 189 с.

7. Матвеев Д.С. Диагностирование состояния элементов автоматизированных технологических комплексов на примере трубчатой печи: дис. ... канд. тех. наук. Уфа, 2011. 165 с.

8. Хафизов А.М., Баширов М.Г. Разработка системы «улучшенного управления» техническим состоянием оборудования и промышленной безопасностью предприятий нефтехимии и нефтепереработки // Наука. Технология. Производство – 2014: тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых / редкол.: Евдокимова Н.Г. и др. Уфа: РИЦ УГНТУ, 2014. С. 55-57.

9. Хафизов А.М., Кошелев Н.А., Гумеров Д.А., Крышко К.А., Сидоров Д.А. Разработка виртуального тренажера-имитатора возникновения аварийной ситуации – снижение расхода нагреваемого продукта в трубчатой нагревательной печи // Фундаментальные исследования. 2016. № 10-3. С. 576-580.

10. Жидков А.Б., Ванслов А.В., Егоренко Б.М. Мероприятия по безопасной работе трубчатых нагревательных печей на нефтеперерабатывающих заводах // Безопасность труда в промышленности. 2002. № 4. С. 35-38.

11. Хафизов А.М., Кильсинбаев Т.Н., Хакимов Т.И. Разработка системы «улучшенное управление» для оценки технического состояния электрооборудования с применением виртуальных анализаторов для предприятий нефтегазовой отрасли // Тинчуринские чтения: матер. докл. X Междунар. молодежн. науч. конф. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. С. 11-12.

References

1. Akhmetov S.A., Serikov T.P., Kuzeev I.R., Bayazitov M.I. Tekhnologiya i oborudovanie protsessov pererabotki nefti i gaza [Technology and Equipment for Oil and Gas Processing]. Saint-Petersburg, Nedra Publ., 2006. 868 p. [in Russian].

2. Khafizov A.M., Yukhin E.G., Aslaev R.R. Razrabotka imitatora raboty trubchatoi pechi dlya povysheniya bezopasnosti tekhnologicheskogo protsessa i ekonomii energoresursov [Development of a Simulator for the Operation of a Tube Furnace to Improve the Safety of the Technological Process and Energy Resources Saving]. *Sbornik trudov IV Vserossiiskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov, magistrov, aspirantov «Energoeffektivnost' i energobezopasnost' proizvodstvennykh protsessov» (Tol'yatti, 12-14 aprelya 2016 goda)*. [Collection of Proceedings of IV All-Russian Scientific and Technical Conference of Students, Undergraduate and Post-graduate Students

«Energy Efficiency and Energy Security of Production Processes» (Togliatti, 12-14 April 2016). Togliatti: Izd-vo TGU, 2016, pp. 343-346. [in Russian].

3. Gaisina L.M. *Transformatsiya sistemy upravleniya personalom v usloviyakh sotsial'nykh izmenenii: neftegazovyi kompleks Rossii* [Transformation of the Personnel Management System in Conditions of Social Changes: Oil and Gas Complex of Russia]. Ufa, Vostochnaya pechat' Publ., 2014. 224 p.

4. Khafizov A.M., Bashirov M.G., Churagulov D.G., Aslaev R.R. *Razrabotka sistemy «usovershenstvovannoe upravlenie» dlya otsenki resursa trubchatoi pechi i povysheniya effektivnosti protivopariinoi avtomaticheskoi zashchity* [Development of «Improved Management» to Assess Resource Tube Furnace and Increase the Efficiency of Emergency Automatic Protection]. *Fundamental'nye issledovaniya – Fundamental Research*, 2015, No. 12-3, pp. 536-539. [in Russian].

5. Mukhina T.L., Barabanov N.L., Babash S.E. *Piroliz uglevodorodnogo syr'ya* [Pyrolysis of Hydrocarbon Raw Materials]. Moscow, Khimiya Publ., 2011. 240 p. [in Russian].

6. Bayazitov M.I. *Povyshenie dolgovechnosti zmeevikov trubchatykh pechei: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Increasing the Durability of Tubular Ovens: Cand. Engin. Sci. Diss.]. Ufa, 1998. 189 p. [in Russian].

7. Matveev D.S. *Diagnostirovanie sostoyaniya elementov avtomatizirovannykh tekhnologicheskikh kompleksov na primere trubchatoi pechi: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Diagnosis of the State of Elements of Automated Technological Complexes Using the Example of a Tube Furnace: Cand. Engin. Sci. Diss.]. Ufa, 2011. 165 p. [in Russian].

8. Khafizov A.M., Bashirov M.G. *Razrabotka sistemy «uluchshennogo upravleniya» tekhnicheskim sostoyaniem oborudovaniya i promyshlennoi bezopasnost'yu predpriyatii neftekhimii i neftepererabotki* [Development of a System of «Improved Management» of the Equipment Technical Condition and Enterprises Industrial Safety of Petrochemistry and Oil Refining]. *Tezisy*

dokladov Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh «Nauka. Tekhnologiya. Proizvodstvo – 2014» [Abstracts of the International Scientific and Technical Conference of Students, Post-graduate Students and Young Scientists «Science. Technology. Production – 2014»]. Ufa, RITs UGNTU, 2014, pp. 55-57. [in Russian].

9. Khafizov A.M., Koshelev N.A., Gumerov D.A., Kryshko K.A., Sidorov D.A. Razrabotka virtual'nogo trenazhera-imitatora vozniknoveniya avariinoi situatsii – snizhenie raskhoda nagrevaemogo produkta v trubchatoi nagrevatel'noi pechi [The Development of the Virtual Simulator – Imitator of an Emergency Is to Decrease the Consumption of the Heated Product in a Tubular Heating Furnace]. *Fundamental'nye issledovaniya – Fundamental Research*, 2016, No. 10-3, pp. 576-580. [in Russian].

10. Zhidkov A.B., Vanslov A.V., Egorenko B.M. Meropriyatiya po bezopasnoi rabote trubchatykh nagrevatel'nykh pechei na neftepererabatyvayushchikh zavodakh [Measures for Safe Operation of Tubular Heating Furnaces at Oil Refineries]. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti – Industrial Safety in Industry*, 2002, No. 4, pp. 35-38. [in Russian].

11. Khafizov A.M., Kil'sinbaev T.N., Khakimov T.I. Razrabotka sistemy «uluchshennoe upravlenie» dlya otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya elektrooborudovaniya s primeneniem virtual'nykh analizatorov dlya predpriyatii neftegazovoi otrasli [Development of the «Improved Management» System for Assessing the Technical Condition of Electrical Equipment with the Use of Virtual Analyzers for oil and Gas Industry]. *Materialy dokladov X Mezhdunarodnoi molodezhnoi nauchnoi konferentsii «Tinchurinskie chteniya»*. [Materials of the Reports of the X International Youth Scientific Conference «Tinchurin Readings»]. Kazan, Kazan. gos. energ. un-t, 2015, pp. 11-12. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Баширов М.Г., д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Электрооборудование и автоматика промышленных предприятий», ФГБОУ ВО «УГНТУ», филиал в г. Салавате, г. Салават, Российская Федерация

M.G. Bashirov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of Electrical Equipment and Automation of Industrial Enterprises Department, FSBEI HE «USPTU», Branch in Salavat, Salavat Russian Federation

e-mail: eapp@yandex.ru

Павлова З.Х., д-р техн. наук, профессор, декан факультета автоматизации производственных процессов, ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Уфа, Российская Федерация

Z.Kh. Pavlova, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Dean of Industrial Processes Automation Faculty, FSBEI HE «USPTU», Ufa, Russian Federation

e-mail: zpavlova@mail.ru

Хафизов А.М., старший преподаватель кафедры «Электрооборудование и автоматика промышленных предприятий», ФГБОУ ВО «УГНТУ», филиал в г. Салавате, г. Салават, Российская Федерация

A.M. Khafizov, Senior Lecturer of Electrical Equipment and Automation of Industrial Enterprises Department, FSBEI HE «USPTU», Branch in Salavat, Salavat, Russian Federation

e-mail: alik_hafizov@mail.ru