

DOI: 10.17122/ntj-oil-2018-5-124-133
УДК 620.193(075.4)

В.С. Проскура, М.А. Галлямов, К.Н. Абдрахманова, А.Р. Басырова (Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Российская Федерация)

АНАЛИЗ И АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА НА ПРИМЕРЕ УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ БЕНЗИНОВЫХ ФРАКЦИЙ НПЗ

Victoria S. Proskura, Murat A. Gallyamov, Karina N. Abdrakhmanova, Aida R. Basyrova (Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russian Federation)

THE ANALYSIS AND CURRENT PROBLEMS OF ENSURING THE HAZARDOUS PRODUCTION FACILITY SAFE OPERATION ON THE EXAMPLE OF GASOLINE FRACTIONS HYDROTREATER OF OIL REFINERY

Введение

В статье определена актуальная на сегодняшний день проблема надежности процесса гидроочистки, которая оказывает значительное влияние на обеспечение безопасности технологического процесса получения конечного продукта. В связи с переработкой тяжелых нефтей, вовлечением в производство низкокачественных бензиновых фракций, получаемых при замедленном коксовании, висбрекинге высокосернистого гудрона, других вторичных процессов, и переходом на длительный межремонтный период эксплуатации актуальность этой проблемы возрастает и каждый завод вынужден искать эффективное ее решение. При данных условиях нормальную работу установки можно обеспечить только при внедрении комплекса мероприятий, направленных на получение качественного сырья на всех предшествующих технологических стадиях, подбор катализатора и его защитного слоя, совершенствование конструкции реактора и его внутренних устройств, повышение надежности оборудования.

Цели и задачи

Провести анализ существующих методов гидроочистки продуктов нефтепроизводства и определить наиболее эффективные.

Background

The article defines the actual problem of the hydrotreating process, which has a significant impact on the safety of the technological process. In connection with the processing of heavy oils, involvement in the production of low-quality gasoline fractions obtained with slow coking, visbreaking of sour tar, other secondary processes, and the transition to a long maintenance period, the urgency of this problem is increasing and each plant has to look for an effective solution. Under these conditions, it is possible to ensure the normal operation of the installation only when implementing a set of measures aimed at obtaining high-quality raw materials in all the preceding technological stages, selecting a catalyst and its protective layer, improving the design of the reactor and its internal devices, and improving equipment reliability.

Aims and Objectives

To conduct analysis of existing methods of hydrotreatment of products of oil production and to determine the most effective ones.

© Проскура В.С., Галлямов М.А., Абдрахманова К.Н., Басырова А.Р., 2018

Для обеспечения комплексного подхода к решению проблемы безопасности при первичной переработке нефти рассмотреть вопросы, касающиеся предотвращения возникновения коррозионных явлений.

Результаты

На основании анализа опыта эксплуатации оборудования НПЗ можно сделать вывод о недостаточности антикоррозионных мероприятий, обычно применяемых на установках первичной переработки нефти. Продукты коррозии накапливаются в бензиновых фракциях, начиная с выделения их из нефти, стабилизации, перекачки по межцеховым трубопроводам и хранении в сырьевых резервуарах. Для комплексной защиты оборудования следует не только использовать автоматизированные модули фильтрации нефтепродуктов, а также следует включить блок по очистке фракций от механических примесей, солей, что позволит увеличить коррозионную стойкость, а следовательно, уменьшить вероятность разрушения оборудования вследствие влияния на него коррозии. В результате повышаются как качество получаемого продукта, так и безопасность ведения технологического процесса.

To ensure an integrated approach to solving the problem of safety in primary oil refining, consider issues related to preventing the occurrence of corrosive phenomena.

Results

Based on the analysis of the operating experience of the refinery equipment, it can be concluded that there is a lack of anti-corrosion measures commonly used in primary oil refining plants. Corrosion products accumulate in gasoline fractions, starting with their separation from oil, stabilization, pumping through interdepartmental pipelines and storage in raw material tanks. For complex equipment protection, there should not only be used automated modules for filtering oil products, but also be included a unit for cleaning fractions from mechanical impurities, salts, which will increase the corrosion resistance and, consequently, reduce the likelihood of equipment destruction as a result of corrosion. As a result, both the quality of the product and the safety of the process are improved.

Ключевые слова: коррозия, промышленная безопасность, гидроочистка, антикоррозионная защита, бензиновые фракции, нефтепереработка, продукты отложений, фильтры, примеси, блок очистки

Key words: corrosion, industrial safety, hydrotreating, corrosion protection, gasoline fractions, oil refining, sediment products, filters, impurities, purification unit

Гидроочистка бензиновых фракций относится к наиболее распространенным каталитическим процессам в схемах нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ) и является необходимой для получения высококачественных автомобильных топлив и ароматических углеводородов. Одной из основных проблем процесса гидроочистки является образование отложений продуктов коррозии, кокса и механических примесей в теплообменном оборудовании, печном змеевике и реакторе [1-5]. Увеличивающееся гидравлическое сопротивление в системе приводит к незапланирован-

ным остановкам для удаления отложений с катализатора и очистке оборудования, что неизменно ведет к потенциальному росту аварийных ситуаций [6-8], сопровождающихся образованием продуктов коррозии. Эта проблема известна довольно давно, и отечественные НПЗ накопили значительный промышленный опыт по ее решению.

В настоящее время в связи с переработкой тяжелых нефтей, вовлечением в производство низкокачественных бензиновых фракций, получаемых при замедленном коксовании, висбрекинге высокосернистого гуд-

рона, других вторичных процессов, и переходом ТУ на длительный межремонтный период эксплуатации (более 2 лет) актуальность этой проблемы возрастает, и каждый завод вынужден искать эффективное решение. В этих условиях нормальную работу установки можно обеспечить только при внедрении комплекса мероприятий, направленных на получение качественного сырья на всех предшествующих технологических стадиях, подбор катализатора и его защитного слоя, совершенствование конструкции реактора и его внутренних устройств, повышение надежности оборудования.

Был проведен анализ существующего опыта решения обозначенной выше проблемы.

Так, в книге Н.Б. Аспеля [9] рассматривается проблема роста перепада давления в реакторах гидроочистки. Еще в семидесятые годы прошлого столетия отмечалось, что на ряде промышленных установок допускается к переработке сырье со значительными отклонениями по фракционному составу, с большим количеством воды, щелочи и смолистых веществ. Анализ процесса показал, что примеси, содержащиеся в сырье, также присутствуют и в отложениях. Таким образом, авторы делают выводы о том, что за качеством сырья необходимо следить еще до поступления его на установку гидроочистки. Прежде всего требуется качественное глубокое обезсоливание нефти. При перегонке не следует защелачивать продукты, и перед поступлением на гидроочистку обязателен отстой нефтепродуктов для отделения воды. Для нормальной работы установки немаловажное значение имеют условия хранения сырья. Контакт сырья с кислородом воздуха способствует поликонденсации непредельных соединений и образованию осадка. Процессы поликонденсации ускоряются в присутствии щелочи. При хранении сырья под «подушкой» инертного газа и при подаче сырья по схеме прямого питания количество отложений и коксообразование снижаются.

Интересен опыт одной из нефтехимических компаний. На установке Л-35/11-1000 перерабатывается бензиновая фракция, получаемая вторичной перегонкой широкой

бензиновой фракции из западно-сибирской нефти [4, 9, 10]. В связи с ростом перепада давления в системе проведен большой объем исследовательских работ по изучению природы и причин образования отложений:

1 Сырье содержит механические примеси. Анализ отложений, отобранных с фильтров и теплообменников, показал, что они состоят, в основном, из продуктов коррозии;

2 Отложения, отобранные с защитного слоя реактора, состоят, в основном, из углеродистых соединений с незначительной долей продуктов коррозии.

Для решения существующей проблемы разработаны и внедрены следующие мероприятия:

- снижение в сырье растворенного кислорода за счет монтажа алюминиевых понтонов в сырьевых резервуарах с подачей азота в подпонтонное пространство, организация прямого питания установки, при этом избыточный объем сырья сбрасывается в резервуары;
- тонкая очистка сырья от механических примесей размером более 25 мкм с помощью фильтров с щелевыми фильтрующими элементами;
- ингибирование процесса образования кокса в сырьевых теплообменниках за счет поддержания в циркулирующем водородсодержащем газе (ВСГ) содержания сероводорода на уровне 200-300 мг/м³ с помощью дозированной подачи неочищенного ВСГ;
- применение в реакторе в качестве защитного слоя, засыпаемого сверху катализатора, инертных или слабоактивных элементов с большим объемом свободного пространства для сбора отложений;
- постоянный лабораторный контроль сырья.

Предложение нефтехимической компании позволило решить проблему ускоренного роста перепада давления по реактору гидроочистки и системе в целом.

Коррозия - самая серьезная проблема, с которой сталкиваются нефтеперерабатывающие предприятия, поскольку потенциальные затраты при повреждениях и авариях ог-

ромны. Одним из видов коррозии, характерной для рассматриваемых объектов, является растрескивание под действием напряжений в сульфидсодержащей среде, при попадании в оборудование продукта с повышенным содержанием механических примесей, солей и серы, происходит повреждение оборудования, как следствие, его разгерметизация, что ведет к аварийным ситуациям. Чтобы избежать подобных ситуаций, предлагается в общую схему производства ароматических углеводородов (разделение широкой бензиновой фракции) добавить блок очистки сырья от механических примесей, серы, что позволит не только избежать коррозии, так и повысить качество получаемого продукта [11-13].

В процессе проработки выбранной темы, помимо изучения опыта нефтяных компаний, был изучен ряд патентов, где рассматривались способы очистки не только бензиновых фракций, но также и нефти, и технологической жидкости [14, 15]. Рассмотрим подробнее следующие.

1. Способ очистки технологической жидкости от механических примесей и плавающей жидкой среды

Способ очистки технологической жидкости от загрязняющих механических примесей и плавающей жидкой среды, в котором очищаемую технологическую жидкость направляют в проточный отстойник. Очистка технологической жидкости от механических примесей и плавающей жидкой среды производится путем гравитационного осаждения механических примесей и всплытия плавающей жидкой среды из тонкого плоского слоя, образованного движущейся смесью очищаемой технологической жидкости и части очищенной технологической жидкости. Особенность состоит в том, что оба компонента смеси предварительно подают в смеситель (гомогенизатор), в котором струи очищаемой и части чистой технологической жидкости направлены навстречу друг другу с равным поперечным сечением в месте столкновения струй. Затем полученную смесь подают в проточный отстойник через горизонтальный щелевой диффузор шириной, равной внутренней ши-

рине отстойника, и с высотой, обеспечивающей ламинарный режим течения тонкого плоского слоя.

2. Способ переработки нефтяных отходов

Способ переработки нефтяных отходов, содержащих воду и механические примеси, заключается в том, что «предварительно проводят активацию гомогенизированного исходного сырья электромагнитным излучением с частотой 40,0-55,0 МГц, мощностью излучения 0,2-0,6 кВт в течение 1-8 ч. Затем активированное сырье подвергают нагреву в однопоточном вертикальном реакторе в две стадии: первую стадию осуществляют при температуре 110-120 °С с образованием парогазовой фазы первой стадии с выводом ее с верха реактора; вторую стадию осуществляют при температуре до 375-400 °С с образованием парогазовой фазы второй стадии, выводимой с верха реактора, и твердого остатка с последующим разделением парогазовых фаз первой и второй стадий на водную, жидкую углеводородную фазы и газ. При этом нагрев сырья осуществляют с помощью индукторов высокой частоты 8-20 кГц и мощностью 40-80 кВт в присутствии подаваемых в полость реактора предварительно нагретых стальных шаров с обеспечением их вращательного движения в потоке сырья под воздействием электромагнитного поля, генерируемого индукторами низкой частоты 45-55 Гц и мощностью 6-10 кВт. Индукторы при этом размещены последовательно по высоте реактора с чередованием индукторов низкой и высокой частот, начиная с индуктора низкой частоты, размещенного в области верхней части реактора» [16, 17].

3. Способ очистки бензина от серосодержащих примесных компонентов

Изобретение относится к области нефтепереработки, в частности к очистке светлых нефтепродуктов от сернистых соединений. «Сущность изобретения заключается в том, что очистку нефтепродуктов ведут на ректификационной колонне в режиме циклически меняющегося давления, при котором в сепараторе отстойника, и с высотой, обеспечивающей ламинарный режим течения тонкого плоского слоя.

рациональный объем каждой тарелки последовательно, начиная с верхней, подают порцию паров очищаемого бензина под давлением, превышающим давление пара в данном сепарационном объеме, в количестве, достаточном для полной конденсации находящихся там паров. При этом каждый элементарный объем пара при перемещении от куба до дефлегматора подвергается воздействию от 5 до 30 таких кратковременных импульсов. Способ позволяет производить очистку нефтепродуктов от сернистых соединений без применения дополнительных реагентов, а по степени очистки превышает известные примерно в 10 раз. Данный способ может быть использован при очистке жидкостей от труднотлетучих примесей или в случае, когда основная доля сопротивления массопереносу сосредоточена в паровой фазе» [18, 19].

4. Фильтрующее устройство для очистки жидкостей и газов от механических примесей

Фильтрующее устройство предназначено для очистки жидкостей и газов от механических примесей и может использоваться в химической, нефтехимической и других отраслях промышленности. Используется фильтрующий элемент, полученный из фильтрующего материала цилиндрической формы путем его деформирования таким образом, что материал на свободном конце соединен между собой герметично в форме креста и на поверхности фильтрующего элемента образованы гофры. Фильтрующий элемент закреплен на кольце, зафиксированном между фланцами корпуса и подводного трубопровода. Внутри фильтрующего элемента расположена крестообразная вставка, снаружи имеется крестообразный зажим, прикрепленный к корпусу фильтра. Конструкция позволяет использовать гибкие материалы с меньшим размером ячейки. Технический результат - увеличение производительности, снижение гидравлического сопротивления.

Безусловно, каждое из рассматриваемых изобретений вызывает большой интерес. Однако наше внимание привлекли два последних, которые, на наш взгляд, являются

наиболее эффективными. В настоящее время в промышленности применяются химические, физико-химические и каталитические методы очистки. Известны различные способы очистки бензина от серосодержащих примесных компонентов. Все известные способы имеют один существенный недостаток - их применение сопряжено с необходимостью использования «третьего агента» - катализатора, химического реагента, селективно взаимодействующего с удаляемыми примесными компонентами или их совокупностью. В результате в качестве продуктов химических реакций получается большое количество химических веществ, с которыми необходимо что-то делать, причем надо принимать во внимание, что все они находятся в смеси, что делает их использование весьма затруднительным. В предлагаемом техническом решении (3) примесные компоненты не изменяют своей химической формы и могут быть выделены из исходной смеси практически в чистом виде или разделены по группам, по температуре кипения и давлению насыщенных паров. Целью предложения является повышение эффективности очистки бензина от серосодержащих примесных компонентов без применения дополнительных реагентов [20, 21].

Остановимся подробнее на фильтрах. Технический результат достигается следующим образом. Площадь поверхности цилиндра в два раза больше, чем площадь поверхности конуса при длине образующей, равной высоте цилиндра. Поэтому поверхность фильтрующего элемента, полученного путем деформирования фильтрующего материала цилиндрической формы таким образом, что материал на свободном конце соединяется между собой герметично в форме креста и на поверхности фильтрующего элемента образуются гофры, больше, чем поверхность конуса такой же высоты. Объем фильтрующего элемента при этом также значительно больше. Таким образом, предлагаемое фильтрующее устройство без изменения габаритных размеров будет иметь большую поверхность фильтрации и больший объем. За счет увеличения поверхности фильтрации достигаются повышение производительности и снижение гидравлического сопротивления

фильтрующего элемента. Сравнительно большой объем фильтрующего элемента позволяет накопить большое количество осадка в концевой части фильтрующего элемента, это позволяет увеличить время между чистками.

Таким образом, увеличиваются производительность и межремонтный период.

В целом для очистки бензиновых фракций, подвергающихся гидроочистке, разработаны и успешно применяются автоматические

модули (рисунок 1) [9, 22, 23]. Кроме применения фильтров для очистки поступающей смеси бензинов непосредственно на установке гидроочистки, следует признать необходимым предварительную очистку всех бензиновых фракций, получаемых на технологических установках, что благоприятно скажется на обстановке в целом: уменьшится коррозия нефтегазового оборудования, значительно сократятся отложения в сырьевых резервуарах [24-26].

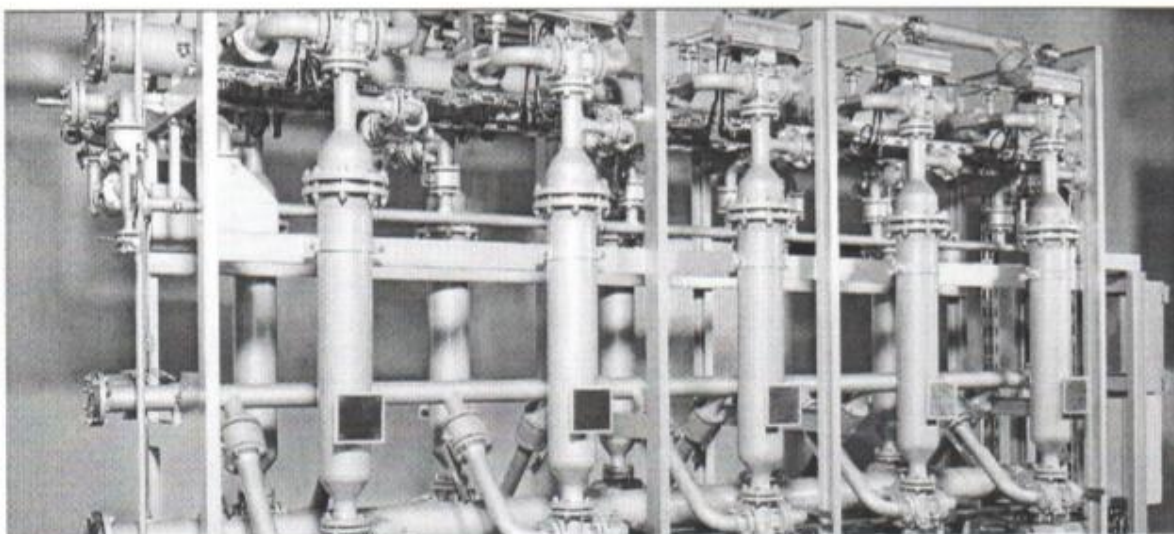


Рисунок 1. Автоматизированные модули для фильтрации нефтепродуктов фирмы Faudi

Вывод

На основании анализа опыта эксплуатации оборудования НПЗ можно сделать вывод о недостаточности антикоррозионных мероприятий, обычно применяемых на установках первичной переработки нефти. Продукты коррозии накапливаются в бензиновых фракциях, начиная с выделения их из нефти, стабилизации, перекачки по межцеховым трубопроводам и хранения в сырьевых резервуарах. Для комплексной защиты оборудова-

ния следует не только использовать автоматизированные модули фильтрации нефтепродуктов, а также следует включить блок по очистке фракций от механических примесей, солей, что позволит увеличить коррозионную стойкость, а, следовательно, уменьшить вероятность разрушения оборудования вследствие влияния на него коррозии. В результате повышаются как качество получаемого продукта, так и безопасность ведения технологического процесса.

Список литературы

1. Абдрахманов Н.Х., Шайбаков Р.А., Байбурин Р.А. Роль анализа причин аварий на объектах нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств в оценке уровня рисков // Нефтегазовое дело. 2008. Т. 6. № 1. С. 189-190.
2. Кускильдин Р.А., Абдрахманов Н.А., Закирова З.А., Ялалова Э.Ф., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В. Современные технологии для проведения производственного контроля, повышающие уровень промышленной безопасности на объектах нефтегазовой отрасли // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. Вып. 2 (108). С. 111-120.
3. Проскура В.С., Галлямов М.А. К анализу причин возникновения аварийных ситуаций на объектах нефтехимического комплекса // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2016. № 5. С. 182-192. Режим доступа: http://ogbus.ru/issues/5_2016/ogbus_5_2016_p182-192_ProskuraVS_ru.pdf.
4. Проскуряков В.А., Драбкин А.Е. Химия нефти и газа. СПб.: Химия, 1995. 448 с.
5. Абдрахманов Н.Х., Матвеев В.П., Нищета А.С., Савицкий В.В., Доржиева О.А., Хакимов Т.А. Анализ отечественного и зарубежного опыта исследований в области безопасного проектирования и эксплуатации технологических объектов нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств // Сборник «Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов». 2015. № 5. С. 162-164.
6. Bakhtizin R., Evtushenko E., Burenina I., Gaisina L., Sagitov S. Methodical Approach to Design of System of the Logistic Centers and Wholesale Warehouses at the Regional Level // Journal of Advanced Research in Law and Economics. 2016. No. 1 (15). P. 16-25. DOI: 10.14505/jarle.v7.1(15).02.
7. Гайсина Л.М. Социальная устойчивость российских нефтегазовых компаний в условиях кризиса // Вестник Башкирского университета. 2011. Т. 16. № 4. С. 1368-1371.
8. Гайсина Л.М. Персонал новой формации: нефтегазовый комплекс России // Известия высших учебных заведений. Социология. Экономика. Политика. 2014. № 3 (42). С. 9-12.
9. Аспель Н.Б., Демкина Г.Г. Гидроочистка моторных топлив. Л.: Химия, 1977. 160 с.
10. Kunelbayev M.M., Gaysin E.Sh., Repin V.V., Galiullin M.M., Abdrakhmanova K.N. Heat Absorption by Heat-Transfer Agent in a Flat Plate Solar Collector // International Journal of Pure and Applied Mathematics. 2017. Vol. 115, No. 455. P. 305-319. DOI: 10.12732/ijpam.v115i455.10. Available at: <http://www.ijpam.eu/contents/2017-115-3/index.html>.
11. Энциклопедия безопасности жизнедеятельности / Р.Н. Бахтизин, С.Г. Родионова, Ю.В. Лисин, Р.Г. Шарафиев, Н.Х. Абдрахманов, В.Б. Барахнина, Н.Я. Багаутдинов, И.П. Киреев, В.В. Ерофеев, Г.И. Латыпова, С.А. Половков. М.: Недра, 2017. 826 с.
12. Абдрахманова К.Н., Гареева Э.Р., Кузеев И.Р. Анализ современных методов

References

1. Abdrakhmanov N.Kh., Shaibakov R.A., Baiburin R.A. Rol' analiza prichin avarii na ob'ektakh neftekhimicheskikh i neftepererabatyvayushchikh proizvodstv v otsenke urovnya riskov [The Role of Accidents Causes Analysis at Petrochemical and Oil Refineries Facilities in Assessing Risks Level]. *Neftgazovoe delo - Petroleum Engineering*, 2008, Vol. 6, No. 1, pp. 189-190. [in Russian].
2. Kuskil'din R.A., Abdrakhmanov N.A., Zakirova Z.A., Yalalova E.F., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V. Sovremennyye tekhnologii dlya provedeniya proizvodstvennogo kontrolya, povyshayushchie uroven' promyshlennoi bezopasnosti na ob'ektakh neftegazovoi otrasli [Modern Technologies for Operation Control Monitoring Increasing Industrial Safety Level on Oil and Gas Industry Objects]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefti i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2017, Issue 2 (108), pp. 111-120. [in Russian].
3. Proskura V.S., Gallyamov M.A. K analizu prichin vozniknoveniya avariinykh situatsii na ob'ektakh neftekhimicheskogo kompleksa [By the Analysis of the Causes of Accidents at the Facilities of the Petrochemical Complex and Identify the Causes of These Situations]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftgazovoe delo» - Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2016, No. 5, pp. 182-192. Available at: http://ogbus.ru/issues/5_2016/ogbus_5_2016_p182-192_ProskuraVS_ru.pdf. [in Russian].
4. Proskuryakov V.A., Drabkin A.E. *Khimiya nefti i gaza* [Oil and Gas Chemistry]. Saint-Petersburg, Khimiya Publ., 1995. 448 p. [in Russian].
5. Abdrakhmanov N.Kh., Matveev V.P., Nishcheta A.S., Savitskii V.V., Dorzhieva O.A., Khakimov T.A. Analiz otechestvennogo i zarubezhnogo opyta issledovaniy v oblasti bezopasnogo proektirovaniya i ekspluatatsii tekhnologicheskikh ob'ektov neftepererabatyvayushchikh i neftekhimicheskikh proizvodstv [Analysis of Domestic and Foreign Experience of Research in the Field of Safe Design and Operation of Technological Facilities of Oil Refining and Petrochemical Industries]. *Sbornik «Ekspertiza promyshlennoi bezopasnosti i diagnostika opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov»* [Collection «Expertise of Industrial Safety and Diagnostics of Hazardous Production Facilities»]. 2015, No. 5, pp. 162-164. [in Russian].
6. Bakhtizin R., Evtushenko E., Burenina I., Gaisina L., Sagitov S. Methodical Approach to Design of System of the Logistic Centers and Wholesale Warehouses at the Regional Level. *Journal of Advanced Research in Law and Economics*, 2016, No. 1 (15), pp. 16-25. DOI: 10.14505/jarle.v7.1(15).02.
7. Gaisina L.M. Sotsial'naya ustoichivost' rossiiskikh neftegazovykh kompanii v usloviyakh krizisa [Social Stability of Russian Oil and Gas Companies in a Crisis]. *Vestnik Bashkirskogo universiteta - Bulletin of the Bashkir University*, 2011, Vol. 16. No. 4, pp. 1368-1371.
8. Gaisina L.M. Personal novoi formatsii:

ремонта трещин в технологическом оборудовании с целью увеличения эксплуатационной безопасности // Вестник молодого ученого УГНТУ. 2016. № 4. С. 122-126.

13. Абдрахманов Н.Х., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В., Шайбаков Р.А. Современное состояние разработки методологии анализа системных рисков при проектировании и эксплуатации нефтегазового оборудования опасных производственных объектов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2014. № 3. С. 359-376. URL: http://ogbus.ru/issues/3_2014/ogbus_3_2014_P359-376_Abrakhmanovkh_ru.pdf.

14. Старцев А.Н. Сульфидные катализаторы гидроочистки: синтез, структура, свойства. Новосибирск: Гео, 2007. 206 с.

15. Gaisina L.M., Belonozhko M.L., Maier V.V., Abdrakhmanov N.Kh, Sultanova E.A. Deliberate Reorganization of the System of Social Relations in Oil and Gas Companies in the Period of Changes in Economics // *Espacios*. 2017. Vol. 38 (No. 48). Available at: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n48/a17v38n48p12.pdf>.

16. Огородников С.К. Справочник нефтехимика. Л.: Химия, 1978. Т. 1. 496 с.

17. Роев Г.А. Очистные сооружения газоперекачивающих станций и нефтебаз. М.: Недра, 1981. 240 с.

18. Gaisina L.M., Belonozhko M.L., Tkacheva N.A., Abdrakhmanov N.Kh., Grogulenko N.V. Principios y métodos de modelización sinérgica del sistema de gestión en las empresas del sector de petróleo y gas // *Revista ESPACIOS*. 2017. Vol. 38 (No. 33). <http://www.revistaespacios.com/a17v38n33/17383305.html>.

19. Абдрахманов Н.Х. Разработка гидродинамического кавитационного аппарата для смешения систем жидкость-жидкость: дис. ... канд. техн. наук. Уфа: УГНТУ, 2000. 128 с.

20. Abdrakhmanov N., Abdrakhmanova K., Vorohobko V., Abdrakhmanova L., Basyirova A. Development of Implementation Chart for Non-Stationary Risks Minimization Management Technology based on Information-Management Safety System // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. 2017. No. 12. P. 7880-7888. <http://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2017.7880.7888>.

21. Abdrakhmanov N. Kh., Vadulina N.V., Fedosov A.V., Ryamova S.M., Gaysin E.Sh. A New Approach for a Special Assessment of the Working Conditions at the Production Factors' Impact Through Forecasting the Occupational Risks // *Man in India*. 2017. Vol. 97, No. 20, pp. 495-511.

22. Абдрахманов Н.Х., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В., Абдрахманов Р.Н. Требования к информационному, организационному и техническому обеспечению построения информационно-управляющей системы безопасности для предприятий нефтегазоперерабатывающей промышленности // Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов. 2016. № 2 (8). С. 14-17.

23. Абдрахманов Н.Х., Абдрахманова К.Н.,

neftegazovyi kompleks Rossii [The Staff of the New Formation: the Oil and Gas Complex of Russia]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Sotsiologiya. Ekonomika. Politika - News of Higher Educational Institutions. Sociology. Economy. Politics*, 2014, No. 3 (42), pp. 9-12.

9. Aspel' N.B., Demkina G.G. *Gidroochistka motornykh topliv* [Hydrofining of Motor Fuels]. Leningrad, Khimiya Publ., 1977. 160 p. [in Russian].

10. Kunelbayev M.M., Gaysin E.Sh., Repin V.V., Galiullin M.M., Abdrakhmanova K.N. Heat Absorption by Heat-Transfer Agent in a Flat Plate Solar Collector. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 2017, Vol. 115, No. 455, pp. 305-319. DOI: 10.12732/ijpam.v115i455.10. Available at: <http://www.ijpam.eu/contents/2017-115-3/index.html>.

11. Bakhtizin R.N., Rodionova S.G., Lisin Yu.V., Sharafiev R.G., Abdrakhmanov N.Kh., Barakhnina V.B., Bagautdinov N.Ya., Kireev I.R., Erofeev V.V., Latypova G.I., Polovkov S.A. *Entsiklopediya bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti* [Encyclopedia of Life Safety]. Moscow, Nedra Publ., 2017. 826 p. [in Russian].

12. Abdrakhmanova K.N., Gareeva E.R., Kuzeev I.R. Analiz sovremennykh metodov remonta treshchin v tekhnologicheskom oborudovanii s tsel'yu uvelicheniya ekspluatatsionnoi bezopasnosti [Analysis of Modern Methods of Cracks Repairing in Technological Equipment with the Aim of Operational Safety Increasing]. *Vestnik molodogo uchenogo UGNTU - Bulletin of a Young Scientist of the USPTU*, 2016, No. 4, pp. 122-126. [in Russian].

13. Abdrakhmanov N.Kh., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V., Shaibakov R.A. Sovremennoe sostoyanie razrabotki metodologii analiza sistemnykh riskov pri proektirovanii i ekspluatatsii neftegazovogo oborudovaniya opasnykh proizvodstvennykh ob'ektov [Current State of Development of Methodology for Analysis of Systemic Risks in the Design and Operation of Oil and Gas Equipment Hazardous Production Facilities]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» - Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2014, No. 3, pp. 359-376. URL: http://ogbus.ru/issues/3_2014/ogbus_3_2014_P359-376_Abrakhmanovkh_ru.pdf. [in Russian].

14. Startsev A.N. *Sul'fidnye katalizatory gidroochistki: sintez, struktura, svoistva* [Sulfide Hydrotreating Catalysts: Synthesis, Structure, Properties]. Novosibirsk, Geo Publ., 2007. 206 p. [in Russian].

15. Gaisina L.M., Belonozhko M.L., Maier V.V., Abdrakhmanov N.Kh, Sultanova E.A. Deliberate Reorganization of the System of Social Relations in Oil and Gas Companies in the Period of Changes in Economics. *Espacios*, 2017, Vol. 38 (No. 48). Available at: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n48/a17v38n48p12.pdf>.

16. Ogorodnikov S.K. *Spravochnik neftekhimika* [Petrochemical Handbook]. Leningrad, Khimiya, 1978. Vol. 1. 496 p. [in Russian].

17. Roev G.A. *Ochistnye sooruzheniya gazoperekachivayushchikh stantsii i neftebaz* [Purification Facilities for Gas Pumping Stations and Oil Storage Depots]. Moscow, Nedra Publ., 1981. 240 p.

Ворохобко В.В., Абдрахманов Р.Н. Требования к программному обеспечению построения информационно-управляющей системы безопасности при эксплуатации опасных производственных объектов нефтегазовой отрасли // Экспертиза промышленной безопасности и диагностика опасных производственных объектов. 2016. № 2 (8). С. 43-45.

24. Fedosov A.V., Abdrakhmanov N.Kh., Gaysin E.Sh., Sharafutdinova G.M., Abdrakhmanova K.N., Shammatoва A.A. The Use of Mathematical Models in the Assessment of the Measurements' Uncertainty for the Purpose of the Industrial Safety Condition Analysis of the Dangerous Production Objects // International Journal of Pure and Applied Mathematics. 2018. Vol. 119. No. 10. P. 433-437.

25. Павлова З.Х., Азметов Х.А., Абдрахманов Н.Х., Павлова А.Д. Оценка и обеспечение безопасности эксплуатации нефтегазопроводов в условиях нестационарности технологических параметров // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2018. Т. 329. № 1. С. 132-137.

26. Fedosov F.V., Abdrakhmanov N.Kh., Khamitova A.N., Abdrakhmanova K.N. Assessment of the Human Factor Influence on the Accident Initiation in the Oil and Gas Industry // Территория Нефтегаз. 2018. № 1-2. С. 62-70.

[in Russian].

18. Gaisina L.M., Belonozhko M.L., Tkacheva N.A., Abdrakhmanov N.Kh., Grogulenko N.V. Principios y métodos de modelización sinérgica del sistema de gestión en las empresas del sector de petróleo y gas. *Revista ESPACIOS*, 2017, Vol. 38 (No. 33). <http://www.revistaespacios.com/a17v38n33/17383305.html>.

19. Abdrakhmanov N.Kh. *Razrabotka gidrodinamicheskogo kavitatsionnogo apparata dlya smesheniya sistem zhidkost'-zhidkost': dis. ... kand. tekhn. nauk* [Development of a Hydrodynamic Cavitation Apparatus for Mixing Liquid-Liquid Systems: Cand. Engin. Sci. Diss.]. Ufa, UGNTU, 2000. 128 p. [in Russian].

20. Abdrakhmanov N., Abdrakhmanova K., Vorokhobko V., Abdrakhmanova L., Basyrova A. Development of Implementation Chart for Non-Stationary Risks Minimization Management Technology Based on Information-Management Safety System. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2017, No. 12, pp. 7880-7888. <http://medwelljournals.com/abstract/?doi=jeasci.2017.7880.7888>.

21. Abdrakhmanov N.Kh., Vadulina N.V., Fedosov A.V., Ryamova S.M., Gaysin E.Sh. A New Approach for a Special Assessment of the Working Conditions at the Production Factors' Impact Through Forecasting the Occupational Risks. *Man in India*, 2017, Vol. 97, No. 20, pp. 495-511.

22. Abdrakhmanov N.Kh., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V., Abdrakhmanov R.N. Trebovaniya k informatsionnomu, organizatsionnomu i tekhnicheskomu obespecheniyu postroeniya informatsionno-upravlyayushchei sistemy bezopasnosti dlya predpriyatii neftegazopererabatyvayushchei promyshlennosti [Requirements for Information, Organizational and Technical Support for Building an Information and Control Security System for Oil and Gas Processing Enterprises]. *Ekspertiza promyshlennoi bezopasnosti i diagnostika opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov - Industrial Safety Examination and Diagnostics of Hazardous Production Facilities*, 2016, No. 2 (8), pp. 14-17. [in Russian].

23. Abdrakhmanov N.Kh., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V., Abdrakhmanov R.N. Trebovaniya k programmnomu obespecheniyu postroeniya informatsionno-upravlyayushchei sistemy bezopasnosti pri ekspluatatsii opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov neftegazovoi otrasli [Requirements for the Software for Building an Information and Control Security System for the Operation of Hazardous Production Facilities in the Oil and Gas Industry]. *Ekspertiza promyshlennoi bezopasnosti i diagnostika opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov - Industrial Safety Examination and Diagnostics of Hazardous Production Facilities*, 2016, No. 2 (8), pp. 43-45. [in Russian].

24. Fedosov A.V., Abdrakhmanov N.Kh., Gaysin E.Sh., Sharafutdinova G.M., Abdrakhmanova K.N., Shammatoва A.A. The Use of Mathematical Models in the Assessment of the Measurements' Uncertainty for the Purpose of the Industrial Safety Condition Analysis of the Dangerous

Production Objects. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 2018, Vol. 119, No. 10, pp. 433-437. [in Russian].

25. Pavlova Z.Kh., Azmetov Kh.A., Abdrakhmanov N.Kh., Pavlova A.D. Otsenka i obespechenie bezopasnosti ekspluatatsii neftegazoprovodov v usloviyakh nestatsionarnosti tekhnologicheskikh parametrov [Assessment and Safety of Operation of Oil and Gas Pipelines in Non-Steady Conditions of Technological Parameters]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov - Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2018, Vol. 329, No. 1, pp. 132-137. [in Russian].

26. Fedosov F.V., Abdrakhmanov N.Kh., Khamitova A.N., Abdrakhmanova K.N. Assessment of the Human Factor Influence on the Accident Initiation in the Oil and Gas Industry. *Territoriya Neftegaz*, 2018, No. 1-2, pp. 62-70.

Авторы

• Проскура Виктория Сергеевна
Уфимский государственный нефтяной
технический университет
Магистрант кафедры «Промышленная
безопасность и охрана труда»
Российская Федерация, 450062, г. Уфа,
ул. Космонавтов, 1
e-mail: Victoria.proskura@yandex.ru

• Галлямов Мурат Ахметович, канд. техн. наук
Уфимский государственный
нефтяной технический университет
Доцент кафедры «Промышленная безопасность
и охрана труда»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. М. Пинского, 4, каб. 306
тел. (347) 242-08-52
e-mail: pbot@mail.ru
e-mail: anailx@mail.ru

• Абдрахманова Карина Наилевна
Уфимский государственный
нефтяной технический университет
Аспирант кафедры «Промышленная
безопасность и охрана труда»
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,
ул. М. Пинского, 4, каб. 310
e-mail: akarinan@mail.ru

• Басырова Аида Рустемовна
Уфимский государственный
нефтяной технический университет
Студент кафедры «Архитектура»
Российская Федерация, 450080, г. Уфа,
ул. Менделеева, 195
e-mail: aida_basyrova@mail.ru

The Authors

• Proskura Victoria S.
Ufa State Petroleum Technological University
Undergraduate Student of Industrial Safety and Labor
Protection Department
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450062,
Russian Federation
e-mail: Victoria.proskura@yandex.ru

• Gallyamov Murat A., Candidate of Engineering
Sciences
Ufa State Petroleum Technological University
Assistant Professor of Industrial Safety and Labor
Protection Department
cab. 306, 4, M. Pinskii str., Ufa, 450064, Russian
Federation
tel: (347) 242-08-52
e-mail: anailx@mail.ru

• Abdrakhmanova Karina N.
Ufa State Petroleum Technological University
Post-graduate Student of Industrial Safety and Labor
Protection Department
cab. 310, 4, M. Pinskii str., Ufa, 450064, Russian
Federation
e-mail: akarinan@mail.ru

• Basyrova Aida R.
Ufa State Petroleum Technological University
Student of Architecture Department
195, Mendeleev str., Ufa, 450080,
Russian Federation
e-mail: aida_basyrova@mail.ru