

*Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. Вып. 5 (133). С. 112-120. ISSN 1998-8443 (print)*

*Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products. 2021. Issue 5 (133). P. 112-120. ISSN 1998-8443 (print)*

Научная статья

УДК 622.692.4

doi: 10.17122/ntj-oil-2021-5-112-120

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОБЕЧАЕК АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ

**Карина Наилевна Абдрахманова**

Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, Россия

akarinan@mail.ru

**Аннотация.** Риск-ориентированный подход зарекомендовал себя как эффективный контрольно-надзорный инструмент, базирующийся на ранжировании каждого конкретного элемента производства по уровню риска. Оценка риска наступления отказа оборудования основана на прогнозировании достижения предельного состояния оборудования и определении ресурса безопасной эксплуатации.

Каждый эксплуатирующийся на объектах нефтегазовой отрасли аппарат индивидуален, отличается материальным исполнением, геометрическими особенностями, наличием дополнительных приварных элементов, типом внутренних устройств, технологическими процессами, обращающимися внутри и т.д. Статистические данные по аварийным ситуациям объединяются по общей классификации и весьма приблизительны, так как сложно найти два одинаковых объекта. Применяемые методы оценки ресурса также не учитывают индивидуальные особенности каждого объекта. Определить влияние рассматриваемых факторов классическим методом расчета крайне сложно, в связи с этим особое внимание уделяется моделированию и цифровым моделям.

Данная работа посвящена исследованию влияния на предельное состояние локального утонения стенки колонного аппарата и наличия овальности на основе расчетов цифровых моделей. Построена 3D модель обечайки, рассматривалось утонение в 10 %, 20 % и 30 % от проектной толщины стенки оболочки. Разработка модели осуществлялась по опорным точкам, характеризующим толщину стенки.

Полученные в ходе ряда виртуальных экспериментов предельные значения давления демонстрируют снижение показателя при наличии тех или иных отклонений от проекта. Все результаты сравнивались с предельным давлением разрушения идеальной оболочки, построенной по проектным данным.

Моделирование по фактическим данным позволяет определить корректное предельное состояние каждого индивидуально-го объекта, а также прогнозируемые зоны образования дефектов, что является немаловажным фактором, способствующим корректной оценке риска и повышению общего уровня промышленной безопасности.

**Ключевые слова:** остаточный ресурс, риск, моделирование, цифровые модели, оболочковые конструкции, промышленная безопасность

---

---

**Благодарности:** Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №20-38-90115.

**Для цитирования:** Абдрахманова К. Н. Прогнозирование предельного состояния обечаек аппаратов на основе цифровых моделей // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2021. Вып. 5 (133), С. 112-120. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2021-5-112-120>.

Original article

## PREDICTION OF THE LIMITING STATE OF THE SHELLS BASED ON DIGITAL MODELS

Karina N. Abdrakhmanova

Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, Russia

akarinan@mail.ru

**Abstract.** The risk-based approach has established itself as an effective control and supervisory tool based on the ranking of each specific element of production according to the level of risk. Assessment of the risk of equipment failure is based on predicting the achievement of the limiting state of the equipment and determining the resource of safe operation.

Each device operated at the facilities of the oil and gas industry is individual, it differs in material execution, geometric features, the presence of additional welded elements, the type of internal devices, technological processes circulating inside, etc. Statistical data on emergency situations are combined according to a general classification and are very approximate, since it is difficult to find two identical objects. The applied resource assessment methods also do not take into account the individual characteristics of each object. It is extremely difficult to determine the influence of the factors under consideration by the classical method of calculation, in this regard, special attention is paid to modeling and digital models.

This work is devoted to the study of the influence on the limiting state of the local thinning of the column wall and the presence of ovality on the basis of calculations of digital models. A 3D model of the shell was built, thinning at 10 %, 20 % and 30 % of the design shell wall thickness was considered. The development of the model was carried out by reference points characterizing the wall thickness.

The limiting pressure values obtained in the course of a number of virtual experiments demonstrate a decrease in the indicator in the presence of certain deviations from the design. All the results were compared with the ultimate fracture pressure of the ideal shell built according to the design data.

Modeling on the basis of actual data makes it possible to determine the correct limiting state of each individual object, as well as the predicted zones of defect formation, which is an important factor contributing to a correct risk assessment and an increase in the overall level of industrial safety.

**Keywords:** residual operating life, risk, modeling, digital model, shell-type construction, industrial safety

---

---

**Acknowledgments:** The study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research within the framework of the scientific project No. 20-38-90115.

**For citation:** Abdrakhmanova K. N. Prognozirovaniye predel'nogo sostoyaniya obechayek apparatov na osnove tsifrovyykh modeley. [Prediction of the Limiting State of the Shells Based on Digital Models]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*. 2021, Issue 5 (133), pp. 112-120. <http://doi.10.17122/ntj-oil-2021-5-112-120>.

Риск-ориентированный подход, применяемый на предприятиях нефтегазового комплекса, зарекомендовал себя как эффективный инструмент управления с точки зрения контрольно-надзорных мероприятий, но, с другой стороны, он привел к снижению административного внимания к промышленности в целом [1].

Анализ риска в общем случае состоит из выявления опасностей, их оценки и прогнозирования возможных масштабов их последствий. Основной целью анализа риска является предупреждение аварий, недопущение возникновения угроз и повышение эффективности обеспечения промышленной безопасности.

На этапе оценки риска риск наступления отказа оборудования основывается на прогнозировании достижения предельного состояния и определения ресурса безопасной эксплуатации. Методы оценки ресурса сводятся к типовым методикам, не учитывающим индивидуальные особенности объекта, но в нефтегазовой отрасли все объекты индивидуальны. Различаются материальное исполнение, количество сварных швов, наличие дополнительных приварных элементов, рассчитывается индивидуальная толщина стенки каждой детали. В связи с этим невозможно с полной уверенностью ссылаться на статистические данные, которые, в свою очередь,

весьма неточны, так как объединяют в себе оборудование, выделенное по общей классификации.

Оборудование колонного типа различно по технологическому процессу, который в них реализуется, по обращающимся средам, по внутренним устройствам. В зависимости от внутренних устройств и высоты меняется, как минимум, количество сварных швов, а, значит, и концентраторов напряжения. Сложно найти два одинаковых колонных аппарата, а для того, чтобы составить статистику, требуется большое количество данных. Различные материальные исполнения имеют различные свойства, и, соответственно, отличные предельные состояния. Механические характеристики не только каждой марки стали индивидуальны, они также меняются в зависимости от производителя и партии. В итоге создается отличный от проекта объект.

Геометрические характеристики аппарата при изготовлении имеют некоторые отличия от проекта ввиду технологических отклонений. В нормативных документах указываются допустимые плюсовые и минусовые отклонения по толщине стенки, по овальности и другим критериям. Если фактические параметры соответствуют допустимым, то их влияние в дальнейшем на напряженное состояние не учитывается.

Учесть все фактические особенности оборудования при расчете предельного состояния и ресурса безопасной эксплуатации классическим методом крайне сложно. Решить эту проблему и получить адекватные результаты позволяет моделирование. В данной работе исследуется влияние отклонений геометрических параметров обечаек аппарата от проектных на предельное состояние на основе расчетов цифровых моделей.

Рынок программных продуктов предлагает большое количество CAD/CAM/CAE систем для инженерного анализа. Под CAD системами понимают компьютерную поддержку проектирования (computer-aided design). Программы предлагаются с пакетом модулей для создания трехмерных объектов с детализацией их особенностей и возможностью получения полного комплекта конструкторско-проектной документации. CAM системы используются для компьютерной поддержки производства (computer-aided manufacturing) и содержат прикладные программы для реализации алгоритмов, задающих работу станков с числовым программным управлением. В качестве основы используется трехмерная модель, сделанная по стандартам CAD. Для компьютерной поддержки расчетов и инженерного анализа используются CAE системы (computer-aided engineering). Современные программные продукты дают возможность создавать твердотельную модель и детальное ее описание с учетом эксплуатационных нагрузок, воздействия температуры, и сопротивления среды [2-4].

Описанные выше системы позволяют качественно построить требуемую 3D модель любой сложности и провести расчет напряженно-деформированного состояния, основанный на методе конечных элементов.

В качестве объекта исследования выбрана ректификационная колонна, выполненная из стали 09Г2С. Внутренний диаметр 1600 мм, толщина стенки обечайки 26 мм, толщина стенки днища 28 мм. Высота оболочковой части составляет 24000 мм.

Модель оболочки создавалась по поясам высотой 1000 мм, каждый пояс выстраи-

вался по 8 опорным точкам с требуемой толщиной стенки, через каждые 45°. Влияние тех или иных изменений геометрии на предельное давление разрушения определялось относительно идеальной оболочки. Идеальная оболочка имеет толщину стенки 26 мм по все обечайке. Допустимым отклонением по диаметру у колонного аппарата является  $\pm 1\%$  по ГОСТ 34347-2017, в случае с выбранной для исследования ректификационной колонной предельные отклонения составляют 16 мм [5].

Неучтенные индивидуальные особенности объектов нефтехимии ведут к несовсем корректной оценке риска.

*Целью исследования является определение влияния неоднородности толщины стенки и овальности на предельное состояние обечайки.*

Отличие фактического предельного состояния оболочковой конструкции от идеального случая ведет к повышению риска аварии. Для качественного анализа полученных результатов вводится коэффициент снижения предельного давления  $K_n$ , характеризующий отношение полученного предельного давления к идеальному максимальному.

В данном случае, предельным состоянием является полное разрушение оболочки. Изучалось влияние утонения на 10 %, 20 % и 30 % от проектной толщины стенки, а также различное количество точек построения с отклонением толщины, равное 10 %, 30 %, 50 %, 70 % и 90 % от общего числа точек построения. Расположение точек с утонением задавалось в произвольной форме, толщина также задавалась произвольная, но в пределах выбранного интервала.

При утонении в 10 % толщина стенки оболочки варьируется от 26 до 23,4 мм, при 20 % толщина стенки составляет от 26 до 20,8 мм, при 30 % - толщина стенки равна от 26 до 18,2 мм. Как минимум одна точка построения имеет минимальную выбранную толщину.

На рисунке 1 представлены результаты, полученные в ходе расчетов.

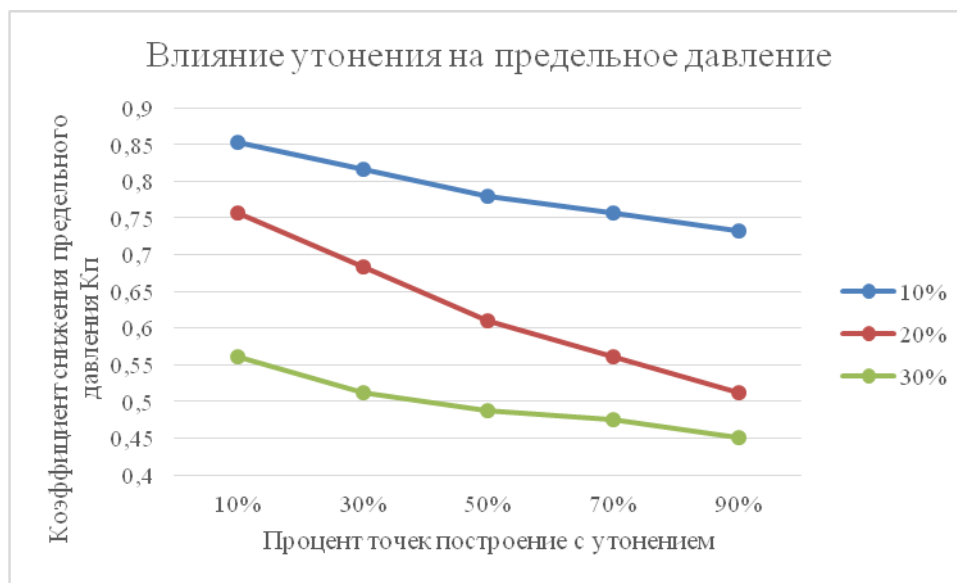


Рисунок 1. Влияние локального утонения на предельное давление  
Figure 1. Influence of local thinning on ultimate pressure

Расчеты демонстрируют значительное падение давления даже при наличии утонения стенки на 10 % в 10 % опорных точек построения модели. Давление, необходимое для разрушения, снижается на 15 %, соответственно, риск наступления аварии повышается.

Результаты нагружения оболочки при различной овальности представлены на рисунке 2.

Полученная зависимость (рисунок 2) демонстрирует снижение давления разрушения с увеличением овальности. Максимальное допустимое отклонение диаметра по ГОСТ 34347-2017 16 мм. На графике (рисунок 2) отклонение диаметра на 10 мм приводит к уменьшению давления разрушения на 3 %. В случае совокупного влияния утонения и овальности давление разрушения может значительно отличаться от идеального случая. В данной работе не рассматривалось влияние механических характеристики стали, которое,

как правило, при расчетах принимается согласно нормативным документам. Фактические свойства могут значительно отличаться от нормативных, принимаемых для расчета. Некорректно оцененное предельное состояние оборудования ведет к некорректной оценке риска аварии.

Кроме того, детальное моделирование и расчет позволяет определить распределение напряжения в стенке обечайки при фактических геометрических параметрах и зоны концентрации напряжения, которые в дальнейшем могут стать потенциальной локацией дефекта.

На рисунке 3 представлены результаты расчета обечайки ректификационной колонны методом конечных элементов. Определение потенциальных зон зарождения дефектов позволит сконцентрировать внимание при эксплуатации объекта на потенциально опасных участках и предотвратить развитие аварий [6-11].

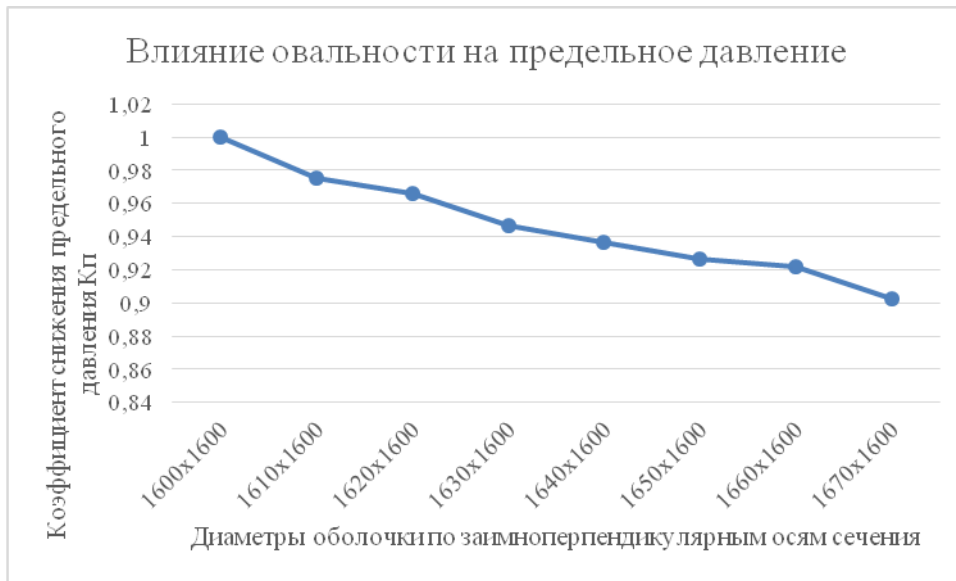


Рисунок 2. Влияние овальности на предельное давление  
Figure 2. Influence of ovality on ultimate pressure

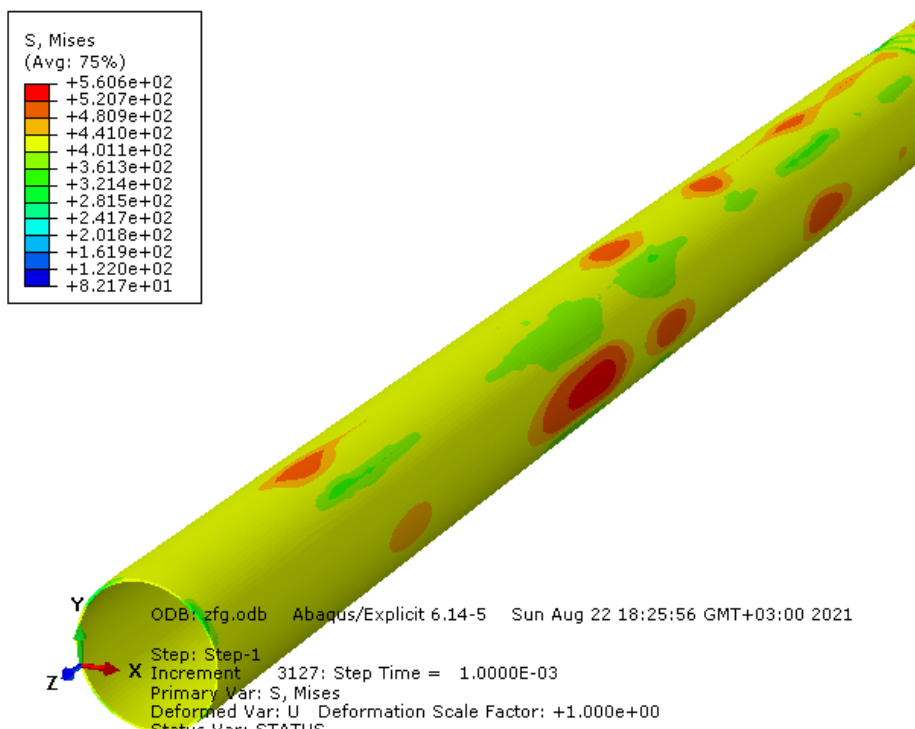


Рисунок 3. Результаты расчета ректификационной колонны  
Figure 3. Calculation results of the distillation column

Определение предельного состояния оборудования, в данном случае оболочки, является крайне важным шагом для определения ресурса оборудования и оценки риска. Наличие геометрических особенностей, образующихся на этапе изготовления аппарата, приводит к изменению фактического предельного давления, необходимого для разрушения. Моделирование по фактическим показателям, полученным в ходе замеров, позволяет определить коэффициент отклонения показателей от расчетных и учесть это на этапе оценки риска.

Анализ более точной информации об оборудовании, с учетом индивидуальности каждого конкретного объекта нефтегазовой и нефтехимической промышленности, позволит повысить общий уровень безопасности.

Результаты расчета также позволяют обнаружить прогнозируемые зоны образования дефектов в зонах концентрации напряжения, что способствует правильному планированию проведения диагностики аппарата, а также методов и объемов ремонтных работ в целях предотвращения аварий.

#### Список источников

1. Федосов А.В., Закирова З.А., Абдрахимова И.Р. Перспективы применения риск-ориентированного подхода в области промышленной безопасности // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». 2018. № 1. С. 145-161. URL: [http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/1\\_2018/ogbus\\_1\\_2018\\_p145-161\\_FedosovAV\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/1_2018/ogbus_1_2018_p145-161_FedosovAV_ru.pdf) (дата обращения: 02.09.2021). DOI: 10.17122/ogbus-2018-1-145-161.
2. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. М.: Альянс-Принт, 2020. 401 с.
3. Беднаржевский В.С., Добротина Г.Б. Обзор CAD/CAM/CAE-систем для моделирования и проектирования энергомашиностроительного оборудования // Известия Алтайского государственного университета. 2002. № 5. С. 118-121. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-cad-cam-cae-sistem-dlya-modelirovaniya-i-proektirovaniya-energomashinostroitel'nogo-oborudovaniya> (дата обращения: 02.09.2021).
4. Abdrakhmanova K.N., Fedosov A.V.,

#### Выводы

Выполнено исследование влияния на предельное состояние локального утонения стенки колонного аппарата и наличия овальности на основе расчетов цифровых моделей. Построена 3D модель обечайки, рассматривалось утонение в 10 %, 20 % и 30 % от проектной толщины стенки оболочки. Разработка модели осуществлялась по опорным точкам, характеризующим толщину стенки.

Полученные в ходе ряда виртуальных экспериментов предельные значения давления демонстрируют снижение показателя при наличии тех или иных отклонений от проекта. Все результаты сравнивались с предельным давлением разрушения идеальной оболочки, построенной по проектным данным.

Моделирование по фактическим данным позволяет определить корректное предельное состояние каждого индивидуального объекта, а также прогнозируемые зоны образования дефектов, что является немаловажным фактором, способствующим корректной оценке риска и повышению общего уровня промышленной безопасности.

#### References

1. Fedosov A.V., Zakirova Z.A., Abdrakhimova I.R. Perspektivy primeneniya risk-orientirovannogo podkhoda v oblasti promyshlennoy bezopasnosti [Prospects for Risk-Based Approach Usage in Industrial Safety Sphere]. *Setevoe izdanie «Neftegazovoe delo» - Online Edition «Oil and Gas Business»*, 2018, No. 1, pp. 145-161. URL: [http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/1\\_2018/ogbus\\_1\\_2018\\_p145-161\\_FedosovAV\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/1_2018/ogbus_1_2018_p145-161_FedosovAV_ru.pdf) (accessed 02.09.2021). DOI: 10.17122/ogbus-2018-1-145-161. [in Russian].
2. Prokhorov A., Lysachev M. *Tsifrovoy dvoynik. Analiz, trendy, mirovoi opyt* [Digital Twin. Analysis, Trends, World Experience]. Moscow, Al'yansPrint Publ., 2020. 401 p. [in Russian].
3. Bednarzhevskii V.S., Dobrotina G.B. Obzor CAD/CAM/CAE-sistem dlya modelirovaniya i proektirovaniya energomashinostroitel'nogo oborudovaniya [Review CAD/CAM/CAE-Systems for Modeling and Designing an Machine-Building Equipment]. *Izvestiya Altaiskogo gosudarstvennogo universiteta - Izvestiya of Altai State University*, 2002,

Idrisova K.R., Abdrakhmanov N.Kh., Valeeva R.R. Review of Modern Software Complexes and Digital Twin Concept for Forecasting Emergency Situation in Oil and Gas Industry // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020. Vol. 862. Article Number 032078. DOI: 10.1088/1757-899X/862/3/032078.

5. Abdrakhmanova K., Yarmonov E., Kulakov P., Tlyasheva R. Modeling the Impact of Shell Wall Thickness Thinning on the Stress State // *Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1889. Article Number 042089. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/4/042089.

6. Абдрахманова К.Н., Ярмонов Е.В., Кулаков П.А., Тляшева Р.Р. Моделирование влияния на напряженное состояние утонения толщины стенки оболочки при коррозионном разрушении // Сетевое издание «Нефтегазовое дело». 2020. № 6. С. 15-31. URL: [http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/6\\_2020/ogbus\\_6\\_2020\\_p15-31.pdf](http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/6_2020/ogbus_6_2020_p15-31.pdf) (дата обращения: 03.09.2021). DOI: 10.17122/ogbus-2020-6-15-31.

7. Boschert S., Rosen R. Digital Twin - The Simulation Aspect // *Mechatronic Futures*: In Book / Ed. By P. Hehenberger, D. Bradley. Cham: Springer, 2016. P. 59-74. DOI: 10.1007/978-3-319-32156-1\_5.

8. Абдрахманов Н.Х., Турдыматов А.А., Абдрахманова К.Н., Ворохобко В.В. Обеспечение безопасности технологических трубопроводных систем на предприятиях нефтегазового комплекса // *Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело»*. 2016. № 3. С. 86-105. URL: [http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/3\\_2016/ogbus\\_3\\_2016\\_p86-105\\_AbdrakhmanovNKh\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/3_2016/ogbus_3_2016_p86-105_AbdrakhmanovNKh_ru.pdf) (дата обращения: 03.09.2021). DOI: 10.17122/ogbus-2016-3-86-105.

9. Гатин Р.Н., Закирничная М.М. Анализ изменения напряженно-деформированного состояния аппаратов колонного типа при эксплуатации // *Промышленная безопасность на взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектах: матер. междунар. науч.-практ. конф.* Уфа: Изд-во УГНТУ, 2008. С. 184-187.

10. Шайбаков Р.А., Абдрахманов Н.Х., Кузев И.Р., Симарчук А.С., Рахимов Ф.Р. Расследование аварийных ситуаций: новые методы и подходы // *Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов*. 2008. Вып. 3 (73). С. 110-121.

11. Митрохин А.М., Чубунов М.В. Определение предельно допустимых значений овальности трубы по условию недопустимости пластической деформации // *Трубопроводный транспорт: Теория и практика*. 2012. № 1 (29). С. 34-36.

No. 3, pp. 118-121. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-cad-cam-cae-sistem-dlya-modelirovaniya-i-proektirovaniya-energomashinostroitelnogo-oborudovaniya> (accessed 02.09.2021). [in Russian].

4. Abdrakhmanova K.N., Fedosov A.V., Idrisova K.R., Abdrakhmanov N.Kh., Valeeva R.R. Review of Modern Software Complexes and Digital Twin Concept for Forecasting Emergency Situation in Oil and Gas Industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020, Vol. 862, Article Number 032078. DOI: 10.1088/1757-899X/862/3/032078.

5. Abdrakhmanova K., Yarmonov E., Kulakov P., Tlyasheva R. Modeling the Impact of Shell Wall Thickness Thinning on the Stress State. *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, Vol. 1889, Article Number 042089. DOI: 10.1088/1742-6596/1889/4/042089.

6. Abdrakhmanova K.N., Yarmonov E.V., Kulakov P.A., Tlyasheva R.R. Modelirovanie vliyaniya na napryazhennoe sostoyanie utoneniya tolshchiny stenki obolochki pri korrozionnom razrushenii [Modeling of Shell Thickness Thinning Effect on the Stress State and Corrosion Failure]. *Setevoe izdanie «Neftegazovoe delo» - Online Edition «Oil and Gas Business»*, 2020, No. 6, pp. 15-31. URL: [http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/6\\_2020/ogbus\\_6\\_2020\\_p15-31.pdf](http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/6_2020/ogbus_6_2020_p15-31.pdf) (accessed 03.09.2021). DOI: 10.17122/ogbus-2020-6-15-31. [in Russian].

7. Boschert S., Rosen R. Digital Twin - The Simulation Aspect. In Book *«Mechatronic Futures»*. Ed. By P. Hehenberger, D. Bradley. Cham, Springer, 2016. pp. 59-74. DOI: 10.1007/978-3-319-32156-1\_5.

8. Abdrakhmanov N.Kh., Turdymatov A.A., Abdrakhmanova K.N., Vorokhobko V.V. Obespechenie bezopasnosti tekhnologicheskikh truboprovodnykh sistem na predpriyatiyakh neftegazovogo kompleksa [Safety of Technological Pipeline Systems at the Enterprises of the Oil and Gas Complex]. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» - Electronic Scientific Journal «Oil and Gas Business»*, 2016, No. 3, pp. 86-105. URL: [http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/3\\_2016/ogbus\\_3\\_2016\\_p86-105\\_AbdrakhmanovNKh\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/3_2016/ogbus_3_2016_p86-105_AbdrakhmanovNKh_ru.pdf) (accessed 03.09.2021). DOI: 10.17122/ogbus-2016-3-86-105. [in Russian].

9. Gatin R.N., Zakirnichnaya M.M. Analiz izmeneniya napryazhenno-deformirovannogo sostoyaniya apparatov kolonnogo tipa pri ekspluatatsii [Analysis of Changes in the Stress-Strain State of Column-Type Apparatus During Operation]. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Promyshlennaya bezopasnost' na vzyryvopozharoопасnykh i khimicheskii opasnykh proizvodstvennykh ob'ektakh»* [Materials of the International Scientific and Practical Conference «Industrial Safety at Explosive, Fire and Chemically Hazardous Production Facilities»]. Ufa, UGNTU Publ., 2008, pp. 184-187. [in Russian].

10. Shaibakov R.A., Abdrakhmanov N.Kh.,



Kuzeev I.R., Simarchuk A.S., Rakhimov F.R. Rassledovanie avariinykh situatsii: novye metody i podkhody [Investigations of Emergency Situations: New Methods and Approaches]. *Problemy sbora, podgotovki i transporta nefi i nefteproduktov - Problems of Gathering, Treatment and Transportation of Oil and Oil Products*, 2008, Issue 3 (73), pp. 110-121. [in Russian].

11. Mitrokhin A.M., Chubunov M.V. Opredelenie predel'no dopustimyykh znachenii oval'nosti truby po usloviyu nedopustimosti plasticheskoi deformatsii [Determination of Maximum Permissible Values for Pipe Non-Circulating on a Condition of the Plastic Deformations is not Permitted]. *Truboprovodnyi transport: Teoriya i praktika - Pipeline Transport: Theory and Practice*, 2012, No. 1 (29), pp. 34-36. [in Russian].

#### Информация об авторе

• Абдрахманова Карина Наилевна  
Уфимский государственный нефтяной  
технический университет  
Аспирант кафедры «Пожарная и промышленная  
безопасность»  
Российская Федерация, 450064, г. Уфа,  
ул. Космонавтов, 1  
e-mail: akarinan@mail.ru

#### Information about the author

• Abdrakhmanova Karina N.  
Ufa State Petroleum Technological University  
Post Graduate Student of Fire and Industrial Safety  
Department  
1, Kosmonavtov str., Ufa, 450064,  
Russian Federation  
e-mail: akarinan@mail.ru

*Статья поступила в редакцию 12.08.2021; одобрена после рецензирования 28.08.2021; принята к публикации 01.09.2021.*

*The article was submitted 12.08.2021; approved after reviewing 28.08.2021; accepted for publication 01.09.2021.*