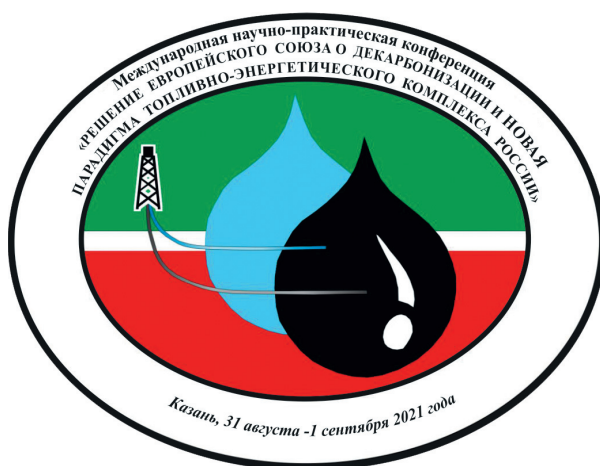


АППАРАТ ПРЕЗИДЕНТА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН,
МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТОРГОВЛИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН
ФГБУ «РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК»,
ГНБУ «АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН»,
ПАО «ТАТНЕФТЬ» ИМ. В.Д. ШАШИНА, ЗАО «НЕФТЕКОНСОРЦИУМ»,
ОАО «КАЗАНСКАЯ ЯРМАРКА», МВЦ «КАЗАНЬ-ЭКСПО»

РЕШЕНИЕ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА О ДЕКАРБОНИЗАЦИИ И НОВАЯ ПАРАДИГМА РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

31 АВГУСТА – 1 СЕНТЯБРЯ 2021 ГОДА (AUGUST 31 – SEPTEMBER 1, 2021)

Материалы Международной
научно-практической конференции



Казань
Издательство «Ихлас»
2021

Научные редакторы:

Р.Х. Муслимов – доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик АН РТ
М.Х. Салахов – доктор физико-математических наук, профессор, академик, президент АН РТ

Редакционная коллегия:

Б.Н. Порфирьев – доктор экономических наук, академик РАН
Г.И. Шмаль – кандидат технических наук, профессор, академик АН РТ
Р.С. Хисамов – доктор геолого-минералогических наук
Н.У. Маганов
Д.К. Нургалиев – доктор геолого-минералогических наук
В.А. Крюков – доктор экономических наук, академик РАН
А.Э. Конторович – доктор геолого-минералогических наук, академик РАН
Т.В. Гилязова

Рецензенты:

И.Н. Плотникова – доктор геолого-минералогических наук

Техническое редактирование:

Г.В. Стинский – кандидат технических наук

Р47

Решение Европейского союза о декарбонизации и новая парадигма развития топливно-энергетического комплекса России: Материалы Международной научно-практической конференции. – Казань: Изд-во «Ихлас», 2021. – 408 с.

Сборник включает материалы докладов Международной научно-практической конференции «Решение Европейского союза о декарбонизации и новая парадигма развития топливно-энергетического комплекса России», проводимую в Казани с 31 августа по 1 сентября 2021 г.

Материалы докладов посвящены экологическим и экономическим аспектам декарбонизации нефтегазовой отрасли, инновационным технологиям в добыче нефти и газа, проблемам энергоэффективности и снижения углеродоемкости производственных процессов на всех стадиях освоения месторождений углеводородов. Цель достижения углеродной нейтральности нефтегазового сектора России предполагает проведение углубленных исследований по определению потенциальных возможностей территорий, по использованию нейтрализации и утилизации выбросов флюидов и жизнедеятельности человека. Это должно явиться научной базой определения путей и методов декарбонизации отраслей ТЭК с учетом обсуждаемой новой парадигмы развития нефтегазового сектора. В сборнике рассматриваются направления минимизации потерь России от трансграничного углеродного налога.

Сборник предназначен для широкого круга работников научно-исследовательских институтов, специалистов нефтяников и газовиков, а также преподавателей, аспирантов, магистров, бакалавров, студентов высших и средних учебных заведений соответствующих специальностей.

обработки массивов структурированных и неструктурированных онлайн-данных; единого информационного ресурса для обеспечения использования всеми элементами целевой архитектуры задействованными в управлении и эксплуатации технологическими и производственными процессами (включая диспетчерское управление) [5].

Реализация цифровых технологий позволяет: рационально использовать пластовое давление; оптимизировать работу оборудования и эксплуатацию скважин; снижать издержки производства и повысить уровень технологической и экологической безопасности. Технологии будут востребованы для месторождений, находящихся на начальной, активной и заключительной стадии эксплуатации. Приоритетными направлениями являются при этом также задачи существенного сокращения временных затрат от момента постановки задачи до ее реализации (план и объем добычи), обеспечение оптимального использования при внедрении и эксплуатации финансовых и иных ресурсов, ускоренное применение и тиражирование (масштабирование) положительных результатов или лучших доказавших свою эффективность практик на объектах. В случае ограниченных финансовых ресурсов приоритетными направлениями является поэтапное внедрение технологий цифровизации нефтегазодобычи и элементов цифровизации управления, что обеспечивает существенное сокращение временных и финансовых затрат и возврат вложений в короткие сроки.

С учетом технологических преимуществ рекомендуется обеспечить первоначально трансформацию нефтегазовых скважин с применением волоконно-оптических технологий и создания на этой основе интеллектуальных скважин и месторождений, что в условиях недостаточного финансирования обеспечит в процессе эксплуатации увеличение извлекаемых запасов газонефтедобычи не менее 10%, уменьшение времени простоев скважин порядка 50 % от начального уровня и сокращение операционных затрат около 10–25%.

Литература

1. Дмитриевский А.Н., Тихомиров Л.И. Настоящее и будущее интеллектуальных месторождений // Нефть Газ Новации. 2015. № 12. С. 44–49.
2. СТО Газпром 2–2.1-1043-2016. Автоматизированный газовый промысел. Технические требования к технологическому оборудованию и объемам автоматизации при проектировании и обустройстве на принципах малочеловеческих технологий. ООО «Газпромэкспо». 2016. 203 с.
3. Столяров В.Е., Еремин Н.А., Еремин А.Н., Басниева И.К. Цифровые газовые скважины: состояние и перспективы // «Нефтепромысловое дело». № 7. 2018. С. 48–55. DOI: 10.30713/0207-2351-2018-7-48-55;
4. Мельников И. В., Бобриков Н.М., Столяров В.Е. и др. Создание инновационных систем управления, направленных на повышение эффективности работы оборудования дожимных компрессорных станций // Газовая промышленность. № 3 (781). 2019. С. 18–22.
5. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Столяров В.Е. К вопросу цифровизации процессов газодобычи // Известия Тульского ГУ. Науки о Земле. Выпуск 2, 2019. С. 136–152.

НОВАЯ ПАРАДИГМА НЕФТЕГАЗОВЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ – ОБЛАЧНАЯ

Н.А. Ерёмин^{1,2}, С.А. Ступников^{3,4}, О.К. Чашина-Семенова¹, А.Д. Черников¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Российской академии наук (ИПНГ РАН), г. Москва, ermn@mail.ru ;

²Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина» (РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина), г. Москва.

³Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем информатики Российской академии наук (ИПИ РАН), г. Москва;

⁴Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», г. Москва.

Аннотация

В статье представлена эволюция парадигм нефтегазовых вычислений с использованием высокопроизводительных вычислительных систем.

Разработанные в ходе выполнения прикладных научных исследований новые научно-технические решения обеспечивают снижение уровня аварийности строительства нефтяных и газовых скважин за счет внедрения в производственный процесс программного облачного сервиса по онлайн обработке больших массивов реальных геолого-геофизических данных. Создан программный компонент «Нейросетевые расчеты», предназначенный для нейросетевых расчетов на облачных высокопроизводительных ресурсах с использованием открытых нейросетевых библиотек.

В статье описывается использование облачных высокопроизводительных ресурсов для проведения нейросетевых расчетов с использованием открытых нейросетевых библиотек в задаче предупреждения осложнений и аварийных ситуаций при строительстве скважин.

Ключевые слова: облачные высокопроизводительные ресурсы, нейросетевые вычисления, распределенные вычисления, параллельные вычисления, грид вычисления, облачные вычисления, бессерверные вычисления, парадигма, месторождение нефти и газа, цифровизация, суперкомпьютеризация, нефтегазовое производство, режим реального времени, большие геоданные, осложнения, аварийные ситуации, бурение, строительство скважин.

Высокопроизводительные вычислительные кластеры – это движущая сила цифровой нефтегазовой экономики мира. Цифровые и суперкомпьютерные технологии служат основой глубокой модернизации нефтегазовой отрасли. Нефтегазовые зарубежные компании успешно эксплуатируют суперкомпьютеры с многоядерными процессорами и производительностью вплоть до 18 PTFLOPS. Применение суперкомпьютеров для решения нефтегазовых задач позволяет учитывать сложное геологическое строение нефтегазовых месторождений, многомерную геометрию многофазных потоков флюидов; обеспечивать многовариантность и высокую точность термогидродинамических расчётов показателей разработки [1].

Ряд исследователей рассматривает облачные вычисления как новую парадигму вычислений.

На рис. 1 представлена эволюция парадигм нефтегазовых вычислений от распределенных, параллельных, грид-вычислений к облачным вычислениям. На смену парадигме облачных вычислений приходит парадигма бессерверных облачных вычислений.

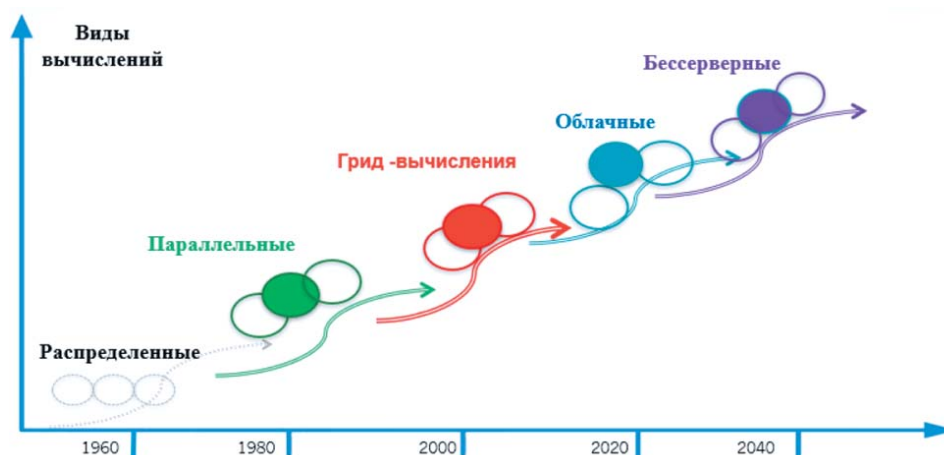


Рис. 1. Эволюция парадигмы вычислений.

Парадигма распределённых вычислений (англ. Distributed computing) – это вычисления, распределенные между несколькими компьютерами. Парадигма параллельных вычислений (англ. Parallel computing) – это вычисления, осуществляемые на компьютерах параллельно и одновременно. Парадигма грид-вычислений (англ. Grid computing) – это вычисления с использованием «виртуального суперкомпьютера», представленного в виде кластеров гетерогенных компьютеров. Парадигма облачных вычислений (англ. Cloud computing) с 2009 г. – это вычисления в интернете через веб-сервер на виртуальных компьютерах. Парадигма бессерверных вычислений (англ. Serverless computing) с 2014 г. – это разновидность облачных вычислений, которая не требует управления и эксплуатации инфраструктуры, позволяя конечным пользователям платить только за используемые ресурсы, никогда не платя за простаивающую мощность.

В рамках выполнения работ ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» по теме: «Разработка высокопроизводительной автоматизированной системы предотвращения осложнений и аварийных ситуаций в процессе строительства нефтяных и газовых скважин на основе постоянно действующих геолого-технологических моделей месторождений с применением технологии искусственного интеллекта и индустриального блокчейна для снижения рисков проведения геологоразведочных работ, в т.ч. на шельфовых проектах» по Соглашению с Министерством науки и высшего образования РФ о выделении субсидии в виде гранта от 22 ноября 2019 г. № 075-15-2019-1688, уникальный идентификатор проекта RFMEFI60419X0217 разработаны программные компоненты и получены патенты [2–9]. Созданные программные компоненты были адаптированы для выполнения расчетов на высокопроизводительном кластере с использованием облачных технологий.

Для обучения и тестирования нейросетевых моделей (многослойный перцептрон, LSTM-сеть, **autoencoder – автокодировщик**) использовались данные из следующих источников:

- данные, открытого набора данных для месторождения Volve (Северное море), содержащие реально-временные записи процессов бурения скважин и формализованную информацию из буровых журналов о наличии осложнений заданных типов с указанием времени их обнаружения;
- реально-временные данные, полученные в результате моделирования аномальных ситуаций на тренажерном программно-аппаратном комплексе РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина.

Данные были загружены в хранилище данных и содержали аномальные ситуации строительства скважин вида «Прихват», «Поглощение».

Для проведения экспериментальных исследований был создан прототип вычислительного кластера, включающий узел управления и 4 вычислительных узла. Прототип кластера установлен в стойке Гибридного высокопроизводительного вычислительного комплекса (ГВБК) в составе Центра коллективного пользования «Высокопроизводительные вычисления и большие данные» ФИЦ ИУ РАН.

Архитектура кластера изображена на рис. 2. Вычислительные узлы кластера имеют следующие характеристики:

2 процессора Intel Xeon 2630L с максимальной тактовой частотой 2.5 ГГц по 24 виртуальных ядра каждый;
оперативная память 64 GB DDR3 1066Mhz;

сетевая карта 1x 10 Gb E Ethernet Mezzanine CARD PN# CX341A (SFP);

блок питания 700 W;

внешняя память: 1 диск SSD 160 Gb, 4 диска HDD 7200 2Tb.

Кластер включает также файл-сервер Quanta Stratos S810 со следующими характеристиками:

2 процессора Intel XEON 2670;

оперативная память 96 Gb DDR3 1066 MHZ;

сетевая карта 1x 10 Gb E Ethernet Mezzanine CARD PN# CX341A (SFP);

внешняя память – 1 диск SSD INTEL S3500 480 GB;

RAID-массив из 15 дисков HDD5400 2 TB;

RAID-массив из 8 дисков SSD INTEL S3500 480 GB;

Сетевое соединение обеспечивается коммутатором Quanta LB6M 24-Port 10 Gb E SFP+ 4x 1Gb E L2/L3 Switch.

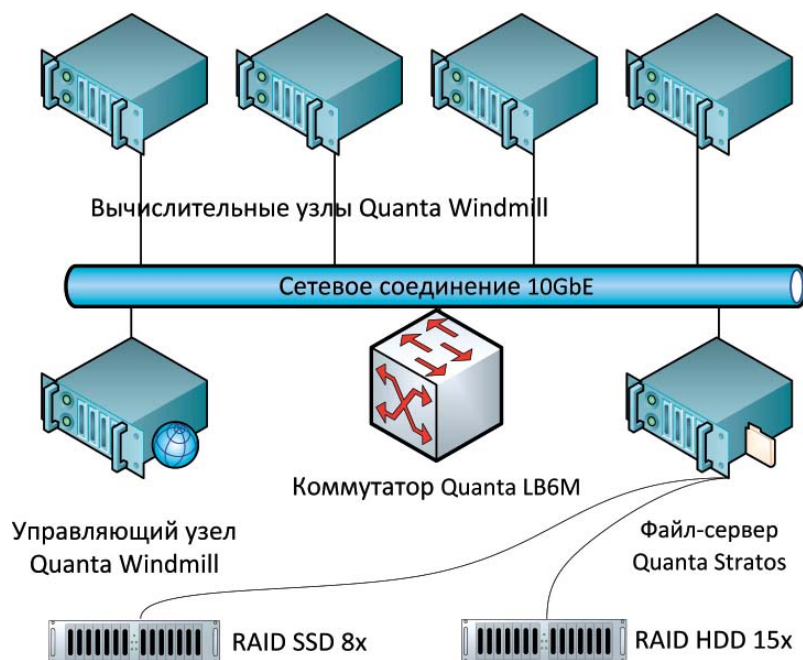


Рис. 2. Архитектура прототипа вычислительного кластера.

На кластере установлена распределенная вычислительная платформа с открытым исходным кодом Horton works Data Platform 3.1.4.0 [HDP], основанная на каркасе распределенной обработки данных Hadoop [HADOOP] и файловой системе HDFS [HDFS]. Платформа включает, в частности, систему управления ресурсами и запуском приложений YARN, реализацию вычислительной модели обработки данных в распределенной оперативной памяти Spark2, каркас поддержки глубокого обучения Tensor Flow On Spark [TFS].

Содержание кластера вместо локального компьютера является более дорогим решением, и потому программное обеспечение кластера ориентировано на развертывание на частных и публичных сервисах облачных вычислений: компоненты программного обеспечения упакованы в контейнеры открытой платформы контейнерной виртуализации Docker [DOCKER], предоставляющей облачный сервис Docker Cloud, позволяющий организовывать облака из контейнеров и интегрированный с поставщиками облачной инфраструктуры AWS, Azure, Digital Ocean, IBM Softlayer и другими (<https://docs.docker.com/machine/drivers/>).

Заключение

Парадигма облачных нефтегазовых вычислений в задачах предупреждения осложнений и аварийных ситуаций при строительстве скважин характеризуется инновационными возможностями, а именно, простотой предоставления приложений и услуг, масштабируемостью, сокращением управленческих затрат, распределением вычислительных ресурсов и гибкой моделью ценообразования.

Литература

1. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А. Нефтегазовый суперкомпьютинг и цифровизация – состояние и тренды развития. // Супервычисления и математическое моделирование. Тезисы XVII Международной конференции. Са- ров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2018. С. 146.: ил. С. 62–64.
2. Еремин Н.А., Водопьян А.О., Дуплякин В.О., Черников А.Д., Космос С.А. Программный компонент «Неф- тегазовый блокчейн» // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020614626, 17.04.2020. Заявка № 2020613699 от 27.03.2020.
3. Еремин Н.А., Дмитриевский А.Н., Чащина-Семенова О.К., Фицнер Л.К., Черников А.Д. Программный ком- понент «Адаптация обобщенных нейросетевых моделей прогнозирования осложнений и аварийных ситуаций к геофизическим параметрам при бурении конкретной скважины» // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020660890, 15.09.2020. Заявка № 2020660179 от 08.09.2020.
4. Еремин Н.А., Дмитриевский А.Н., Чащина-Семенова О.К., Фицнер Л.К., Черников А.Д. Программный ком- понент «Оркестровка – интеграция модулей системы прогнозирования осложнений и аварийных ситуаций при бу- рении и строительстве скважин» // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020660891, 15.09.2020. Заявка № 2020660181 от 08.09.2020.
5. Еремин Н.А., Дмитриевский А.Н., Чащина-Семенова О.К., Фицнер Л.К., Черников А.Д. Программный ком- понент «Нейросетевые расчеты – построение моделей прогноза осложнений и аварийных ситуаций при бурении и строительстве скважин» (ПKNP) // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020660892, 15.09.2020. Заявка № 2020660182 от 08.09.2020.
6. Еремин Н.А., Дмитриевский А.Н., Чащина-Семенова О.К., Фицнер Л.К., Черников А.Д. Программный ком- понент «Индикация прогноза осложнений и аварийных ситуаций при бурении и строительстве скважин» (ПК «Ин- дикация») // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020661356, 22.09.2020. Заявка № 2020660450 от 14.09.2020.
7. Еремин Н.А., Винокуров В.А., Гуцин П.А., Дмитриевский А.Н., Чащина-Семенова О.К., Фицнер Л.К., Чер-ников А.Д., Насекин К.К., Сафарова Е.А., Бороздин С.О., Архипов А.И. Программный компонент «Обратная связь» // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2020665410, 26.11.2020. Заявка № 2020661058 от 25.09.2020. Дата публикации: 26.11.2020.
8. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Чащина-Семенова О.К., Фицнер Л.К., Черников А.Д. Автоматизирован- ная система выявления и прогнозирования осложнений в процессе строительства нефтяных и газовых скважин // Патент на изобретение RU 2 745 137, 22.03.2021. Заявка № 2020129673 от 08.09.2020. Automated system for identifying and predicting complications during the construction of oil and gas wells
9. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Чащина-Семенова О.К., Фицнер Л.К., Черников А.Д. Автоматизирован- ная система выявления и прогнозирования осложнений в процессе строительства нефтяных и газовых скважин // Патент на изобретение RU 2 745 136, 22.03.2021. Заявка № 2020129671 от 08.09.2020. Automated system for identifying and predicting complications during the construction of oil and gas wells
10. [HDP] Horton works Data Platform. 2020. URL: <https://docs.cloudera.com/HDPDocuments/HDP3/HDP-3.1.0/release-notes/content/relnotes.html>
11. [HADOOP] Apache Hadoop Project. 2020. – URL: <http://hadoop.apache.org/>
12. [HDFS] Borthakur D. HDFS Architecture Guide. Hadoop Apache Project. 2008.
13. [TFS] Tensor Flow On Spark. 2020. URL: https://github.com/yahoo/TensorFlowOnSpark/wiki/GetStarted_YARN
14. [DOCKER] Docker virtualization platform. 2020. URL: <https://www.docker.com/>

ПОДБОР ПАВ-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОЙ ПЕНЫ В ОСЛОЖНЁННЫХ ПЛАСТОВЫХ УСЛОВИЯХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ

Ш.К. Жанбосынова, Д.А. Жарков, Э.Р. Сайфуллин, С.А. Назарычев,
А.О. Малахов, Ч. Юань, М.А. Варфоломеев

Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, sk.zhanbossynova@gmail.com

ПАВ-полимерное заводнение является перспективной технологией увеличения нефтеотдачи. Данная тех- нология предусматривает решение следующих задач: выравнивание профиля приемистости, блокирование оп- ределенных участков пласта с нежелательной добычей воды и газа, в следствие чего увеличивается коэффициент вытеснения нефти, уменьшение межфазного натяжения на границе раздела раствора реагента / нефть. В данный период все больше внимания уделяется добыче нефти из карбонатных месторождений, в которых пластовая вода характеризуется высокой минерализацией. Данный факт создает проблемы для использования известных ПАВ. В целом существует множество реагентов для различных значений минерализации и температуры, однако многие из них неэффективны в осложненных условиях залегания углеводородов. Для подбора композиций ПАВ + поли- мер под конкретные пластовые условия необходимо проведение комплекса лабораторных исследований. В него входят определение термической стабильности и совместимости реагентов с пластовыми флюидами, тесты на

ISBN 978-5-907039-53-7



Научное издание

РЕШЕНИЕ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА О ДЕКАРБОНИЗАЦИИ
И НОВАЯ ПАРАДИГМА РАЗВИТИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ

Материалы Международной научно-практической конференции

Редактор *М.Г. Гараева*
Корректор *Ф.К. Маликова*
Технический редактор *А.А. Низамиев*

Подписано в печать 20.08.2021. Формат 60×84 ¹/₈. Бумага мелованная.
Гарнитура «Таймс». Объем 51,0 п.л.
Тираж 50 экз. + 600 в электронных носителях. Заказ К-17.

ООО «Ихлас»
420066, Казань, ул. Декабристов, 2