

Особенности работы информационно-измерительных систем при транспортировке газа

И.С. Ступак

Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) им. И.М. Губкина

Аннотация: В данной статье раскрываются особенности работы информационно-измерительных систем при транспортировке газа. Отражаемые в статье вопросы приобретают особую актуальность в условиях необходимости достижения эффективности работы информационно-измерительных систем в нефтегазовой отрасли. Цель научного исследования состоит в разработке подхода к информационно-измерительным системам в нефтегазовых организациях на основе модели цифрового двойника. Для достижения поставленной цели в статье проанализированы практические кейсы работы информационно-измерительных систем в нефтегазовых организациях, отражены особенности сертификации информационно-измерительных систем, применяемых в нефтегазовых организациях, представлены результаты разработки подхода к информационно-измерительным системам в нефтегазовых организациях на основе модели цифрового двойника.

Ключевые слова: информационно-измерительные системы; нефтегазовая отрасль; сертификация; модель цифрового двойника; транспортировка газа; подход; эффективность работы.

Введение

В современных условиях цифровизация рассматривается в качестве основополагающей составляющей развития различных отраслевых секторов, в основе чего лежит внедрение и активное использование интеллектуальных решений, цифровых моделей и технологий, способствующих сокращению издержек и повышающих степень оперативности решаемых в управлении процессами задач. Стоит заметить, что объектами цифровизации выступают трудовые ресурсы компаний, технологические процессы и базы данных. Тем не менее, учитывая современные реалии, целесообразно также менять организационную управленческую структуру [1].

Существовавшая ранее в нефтегазовой отрасли парадигма основывалась на повышении общего объёма нефтегазовой добычи, а также сокращении издержек на технологические процессы [2], [3]. Современная

парадигма выступает концептуальной моделью производственных цифровых решений, ценностей, ориентированной на увеличение рыночной капитализации нефтегазовых корпораций либо текущей фондоотдачи [4], [5]. Кроме того, современная парадигма базируется на сборе и обработке огромных массивов информации по производственно-технологическому циклу работ в режиме реального времени, включая подготовку к производству, транспортировку ресурсов, а также продажи готовой нефтегазовой продукции [6].

Вместе с тем крайне важно проанализировать уровень эффективности и надежности управленческих решений, которые были приняты в нефтегазовой отрасли в период 2001-2010 гг. Они впоследствии стали типовыми для работы многих российских газопроводов в контексте обеспечения внешнеэкономической деятельности и максимальной удовлетворенности целевой аудитории на отечественном рынке нефти и газа. Возникновение и надежность таких управленческих решений аргументировались потребностью в эволюции телемеханических систем по причине планомерного перехода на цифровые решения. Они дают возможность получать базы данных, обрабатывать их, осуществлять управленческие воздействия на производственно-технологическое оборудование при применении на практике быстрых каналов передачи информации.

В соответствии с существующими научно-исследовательскими работами [7-9] можно выделить требования к практическому осуществлению управленческих решений в контексте современной парадигмы:

1. Интеграция нефтегазовых компаний с потребительской аудиторией (на внутреннем и внешнем рынках) при использовании цифровых технологий.

2. Обеспечение в достаточно короткие сроки возможности дистанционной локализации форс-мажорных событий и обстоятельств с

минимальным участием производственно-технического персонала.

3. Обеспечение практического применения комплексного подхода к управлению производственным оборудованием и его функциональной диагностике.

4. Обеспечение из единого центра возможности цифрового управления используемых газопроводов в целях эффективного выполнения контрактных обязательств по внутренним и внешним поставкам ресурсов.

Транспортировка газа выступает значимым процессом в нефтегазовой отрасли, по которому осуществляется непрерывный контроль и учёт ресурсов посредством информационно-измерительных систем (коммерческих, локальных, оперативных, распределенных) [10].

Для того чтобы принять управленческое решение по уровню качества и объёму газовых ресурсов, целесообразно выполнить измерения, исходя из сертифицированных методических подходов. Наличие сертификата у информационно-измерительных систем способно обеспечить повышение прироста продаж, создания доверия между компаниями и потребительской аудитории, выход бизнеса на новые рыночные сегменты [11].

Нефтегазовые организации должны иметь достаточный уровень качества своей работы, в рамках которого обеспечивается непрерывный учёт параметров качества и объёма подготавливаемой к транспортировке газовой продукции и непосредственно при транспортировке газа. Должны отсутствовать ошибки в организационной отчётности и количественных измерениях газовой продукции, осложнения при реализации технологических процессов.

Цель работы - разработка подхода к информационно-измерительным системам в нефтегазовых организациях на основе модели цифрового двойника.

Для достижения поставленной цели в статье необходимо решить

следующие задачи:

1. Проанализировать практические кейсы работы информационно-измерительных систем в нефтегазовых организациях.
2. Отобразить особенности сертификации информационно-измерительных систем, применяемых в нефтегазовых организациях.
3. Представить результаты разработки подхода к информационно-измерительным системам в нефтегазовых организациях на основе модели цифрового двойника.

Материалы и методы

Для выявления особенностей сертификации информационно-измерительных систем, применяемых в нефтегазовых организациях, и разработки подхода к информационно-измерительным системам в нефтегазовых организациях на основе модели цифрового двойника был осуществлен анализ теоретических и эмпирических источников академической литературы, аналитических документов, отражающих процесс работы информационно-измерительных систем при транспортировке газа, а также параметры достижения эффективности информационно-измерительных систем.

Помимо вышеуказанных методов, автором статьи для анализа практических кейсов работы информационно-измерительных систем в нефтегазовых организациях использовались методы индукции, дедукции, сопоставления, систематизации, системный подход.

Практические кейсы работы информационно-измерительных систем в нефтегазовых организациях

В конце предыдущего столетия в нефтегазовой корпорации ПАО «Газпром» была поставлена важная задача по созданию и внедрению

передовых телемеханических измерительных систем, учитывая существующий опыт эксплуатации производственных установок и российских технологических решений. В контексте обеспечения технологических процессов транспортировки газа были выявлены технические требования к подобной системе, которые определялись автоматизацией управления и контроля за линейной частью производственного оборудования, газопроводов, удалённых компрессорных станций. Для того чтобы решить обозначенную выше задачу, была сформирована и интегрирована в технологический процесс транспортировки газовых ресурсов автоматизированная система управления (АСУ ТП), которая работала при помощи рабочих серверов SCADA. Впоследствии эта платформа была тиражирована на региональном уровне. Её внедрили ОАО «Газпром трансгаз Беларусь», ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург» в рамках эффективной работы газопровода «Ямал-Европа». Утвержденная интегрированная система, позволяющая управлять процессом транспортировки газа, обеспечила управление, контроль и функциональную диагностику реальных объектов, управление технологическими участками газопровода общей протяженностью в более чем 200 километров.

Поскольку обозначенная информационно-измерительная система достигла эффективности в своей работе, эта разработка была внедрена в деятельность ООО Фирма «Газприборавтоматика», но не в полном объёме. В организации использовали наработки реализации автоматизированной системы на технологических участках газопровода, на основе существующего опыта ООО Фирма «Газприборавтоматика» была создана типовая информационно-измерительная система, способствующая раннему обнаружению утечек газа при транспортировке, обеспечению производственной безопасности (рисунок 1).

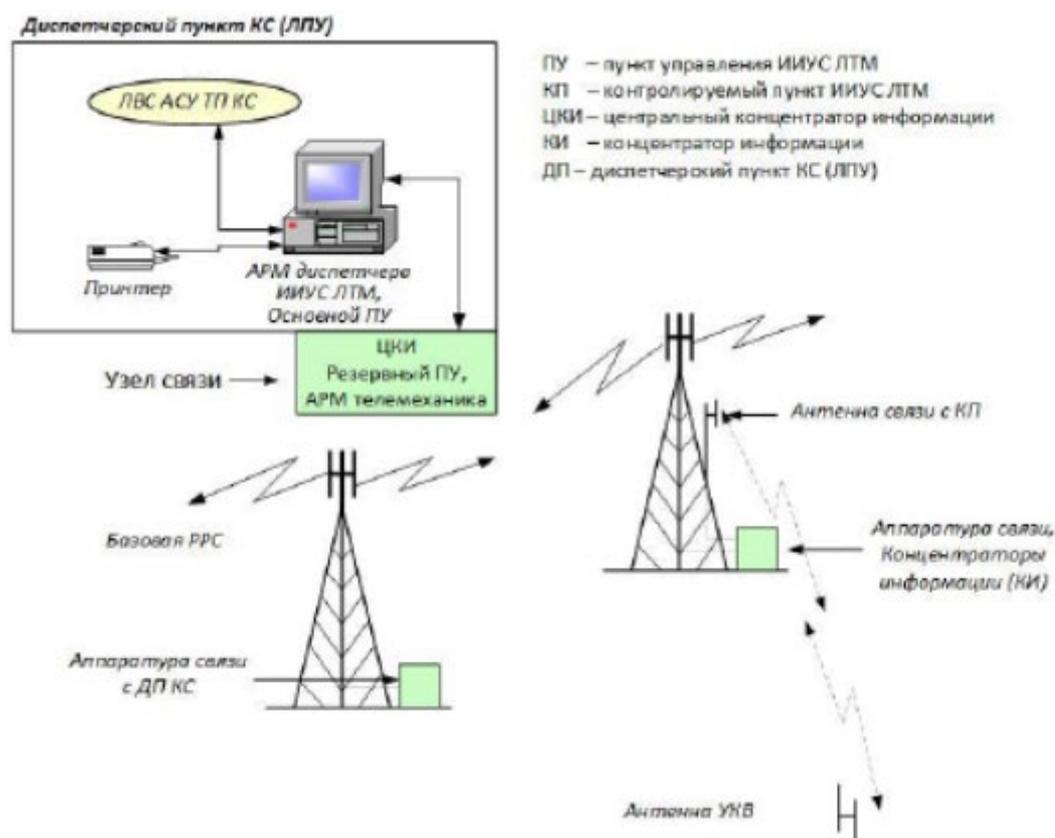


Рис. 1. – Типовая информационно-измерительная система, разработанная ООО Фирма «Газприборавтоматика» [12]

Потребность в практическом использовании разных информационно-измерительных систем при транспортировке газовых ресурсов также обоснована международным опытом эксплуатации газопроводов. Например, в РФ наиболее распространёнными причинами аварий на газопроводах являлись коррозия, дефекты материалов, неисправности производственного оборудования; в США – внешние воздействия на газопровод, коррозия, дефекты материалов, неисправности производственного оборудования, коррозия; в ЕС – внешние воздействия на газопровод, дефекты материалов, неисправности производственного оборудования [12].

Для того чтобы оценить вероятный ущерб, с помощью информационно-измерительной системы должны быть проанализированы данные по отчётам НИР, инженерному опыту эксплуатации газопроводов,

статистике отказов производственного оборудования, плотности распределения нагрузок в ходе транспортировки газа. Для своевременного учёта и контроля работы газопроводов в процессе транспортировки ресурсов в условиях цифровизации целесообразно применять прорывные инновации, которые могут стать основой современных информационно-измерительных систем в российской нефтегазовой отрасли.

Особенности сертификации информационно-измерительных систем, применяемых в нефтегазовых организациях

Как было указано выше, информационно-измерительные системы бывают различных типов: коммерческие, локальные, оперативные, распределенные.

Коммерческие и оперативные информационно-измерительные системы в нефтегазовой отрасли работают на основе данных о количественных и качественных параметрах, потоковых инструментов проведения измерений, а также результатов лабораторно-исследовательских работ, выполняемых в соответствии с сертифицированными методическими подходами.

Локальными информационно-измерительными системами являются такие, с помощью которых можно осуществлять количественные измерения нефтепродуктов, нефтяных ресурсов. Они предназначены, для того чтобы автоматизировать внутри компании систему качественного и бухгалтерского учёта нефтепродуктов и нефтегазовых ресурсов.

Распределенными информационно-измерительными системами выступают цифровые системы оперативного качественного и количественного учёта нефтегазовых ресурсов, который необходим для своевременной реакции на операции перекачивания нефтегазовых ресурсов в трубопроводах. Их осуществление зависит от значений технологических параметров, режимов работы нефтегазовых компаний, в том числе данные

можно получить на технологических участках по объёму нефтегазовых ресурсов, направлениям транспортировки, в разрезе организаций, которые участвуют в процессе транспортировки нефтегазовых ресурсов, самостоятельных подразделений, ответственных за рассматриваемый технологический процесс.

В РФ сертификация информационно-измерительных систем, применяемых в нефтегазовых организациях, не является обязательной процедурой. Нефтегазовые компании добровольно проходят сертификацию по положениям, обозначенным в ISO либо в ГОСТ [13]. Как правило, процесс сертификации затрудняется тем, что информационно-измерительные системы многоканальны, многофункциональны, их составляющие распределены в пространстве [14].

Вместе с тем сертификация коммерческих и оперативных информационно-измерительных систем в нефтегазовой отрасли в целом отлажена на данный момент. Тем не менее, сертификация распределенных систем усложняется необходимостью проверки качества её работы, которые являются более масштабными, по сравнению с сертификацией коммерческих и оперативных систем.

Перспективным направлением сертификации информационно-измерительных систем, применяемых в нефтегазовых организациях, по мнению автора статьи, может стать формирование технической модели сертификации информационно-измерительных систем, осуществляемой на основе автоматизированного решения непрерывного и оперативного учёта транспортируемых нефтегазовых ресурсов в компаниях нефтегазового сектора [15].

Результаты разработки подхода к информационно-измерительным системам в нефтегазовых организациях на основе модели цифрового

двойника

В контексте научного исследования был сформирован подход к информационно-измерительным системам в нефтегазовых организациях при помощи модели цифрового двойника. Технологический процесс – транспортировка газа.

В основе модели цифрового двойника лежит концепция SIMULINK, информация по которой актуализируется по мере получения данных от объектов цифровизации. В процессе моделирования технологического процесса одновременно с работой реальных объектов нефтегазовой отрасли решаются вопросы, связанные с обеспечением отказоустойчивости производственно-технологического оборудования и функциональной диагностики. В результате выявляются направления неисправностей и дефектов, а также индикаторы реструктуризации и реконфигурации, которые затем передаются физическим системам.

Не менее значимой задачей выступает прогнозирование работы отдельных компонентов процесса транспортировки газа при помощи модели цифрового двойника [16]. В данном случае важно на раннем этапе выявить вероятность отказа производственно-технологического оборудования. В режиме реального времени осуществляется анализ ключевых технологических параметров оборудования, прогнозируется вероятность появления функционального отказа физической системы. Тогда появляется временной резерв, для того чтобы осуществить работы по ремонтному обслуживанию основных фондов без простоя [17].

Соответственно, прогнозирование отказов физической системы реализуется на базе концепции экспоненциальной деградации. С помощью модели цифрового двойника обработка баз данных, которые отправляются в интеллектуальную систему физическим объектом, проводится цифровым двойником. Далее физический объект получает результат прогноза

появления дефектов в системе, для того чтобы были приняты меры по их предупреждению.

Концепция экспоненциальной деградации реализуется на практике при применении метода главных компонент. По мере приближения производственно-технологического оборудования к отказу выполнения своих функций значение первого компонента повышается. Соответственно, он выступает параметром работоспособности физической системы (рисунок 2).

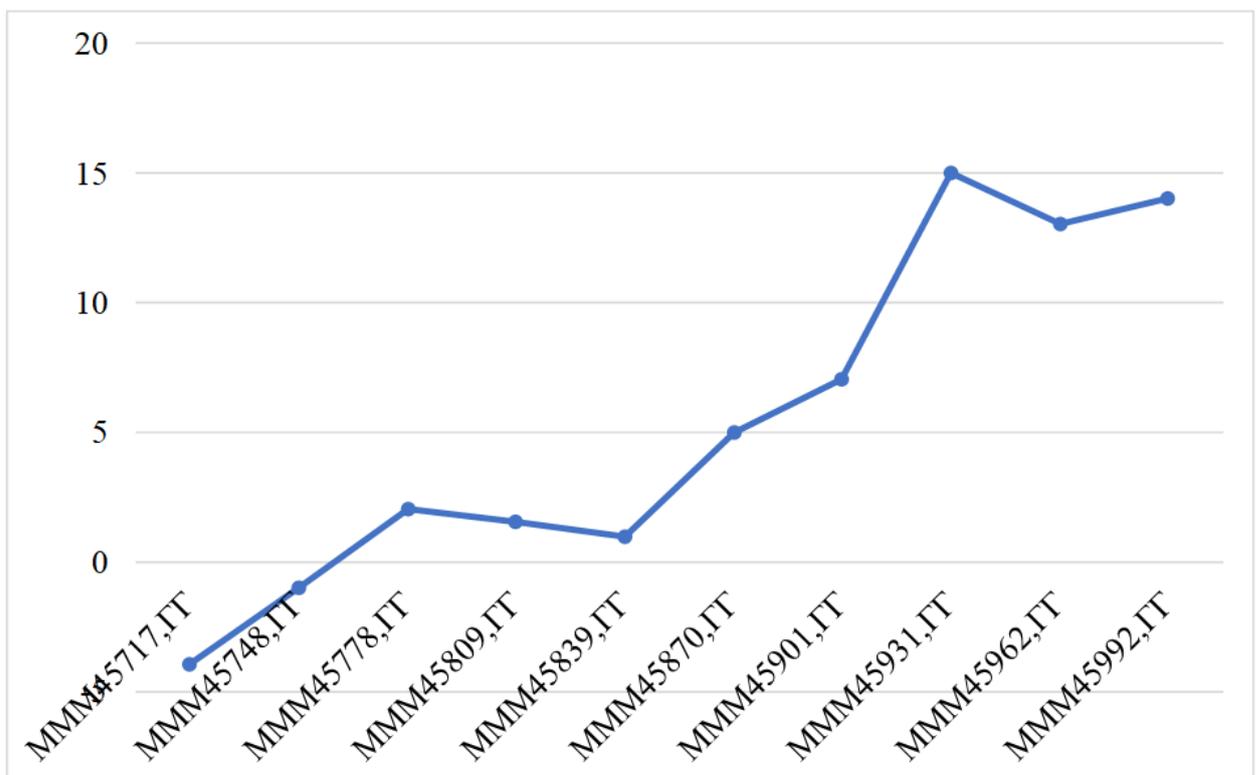


Рис. 2. – Динамика параметра работоспособности физической системы (был взят произвольный период – март-декабрь 2025 года)

В соответствии с этим формируются прогнозы появления дефектов и неисправностей в физической системе. Например, на 43 день её работы была обнаружена значительная деградация (рисунок 3).

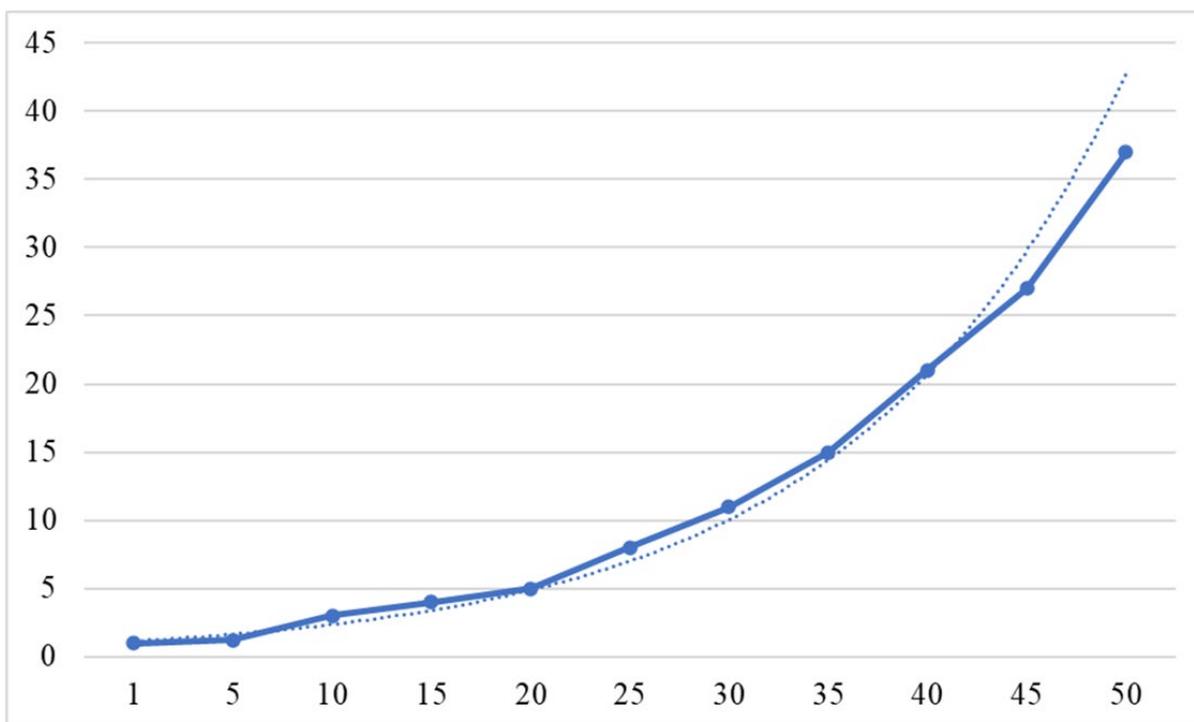


Рис. 3. – Динамика параметра работоспособности физической системы, выявление деградации (прогноз)

Следовательно, в рамках научного исследования был представлен подход к информационно-измерительным системам в нефтегазовых организациях на основе модели цифрового двойника. Она рассматривается в качестве платформенного решения задач комплексного обеспечения отказоустойчивости производственно-технологического оборудования и функциональной диагностики при транспортировке газовых ресурсов.

Был представлен метод прогнозирования отказов физической системы, который реализуется на базе концепции экспоненциальной деградации. Стоит отметить, что особенность приведенного методического подхода обусловлена моделированием моментов (ситуаций) реального появления неисправностей во временном отрезке.

Выводы

В рамках данного исследования проанализированы практические кейсы работы информационно-измерительных систем в нефтегазовых организациях.

Отражены особенности сертификации информационно-измерительных систем, применяемых в нефтегазовых организациях.

Перспективным направлением сертификации информационно-измерительных систем, применяемых в нефтегазовых организациях, по мнению автора статьи, может стать формирование технической модели сертификации информационно-измерительных систем, осуществляемой на основе автоматизированного решения непрерывного и оперативного учёта транспортируемых нефтегазовых ресурсов в компаниях нефтегазового сектора.

Представлены результаты разработки подхода к информационно-измерительным системам в нефтегазовых организациях на основе модели цифрового двойника. Она рассматривается в качестве платформенного решения задач комплексного обеспечения отказоустойчивости производственно-технологического оборудования и функциональной диагностики при транспортировке газовых ресурсов.

Был представлен метод прогнозирования отказов физической системы, который реализуется на базе концепции экспоненциальной деградации. Стоит отметить, что особенность приведенного методического подхода обусловлена моделированием моментов (ситуаций) реального появления неисправностей во временном отрезке.

Литература

1. Дмитриевский А.Н., Еремин Н.А., Столяров В.Е. Роль информации в применении технологий искусственного интеллекта при строительстве
-

скважин для нефтегазовых месторождений // Научный Журнал Российского Газового Общества. 2020. № 3 (26). С. 6-21.

2. Авилова В.В., Чижова Е.Н. Новая парадигма развития промышленности России в условиях снижения углеродного следа // Научный результат. Технологии бизнеса и сервиса. 2023. Т. 9. №. 4. С. 111-119.

3. Голубецкая Н.П., Бургонов О.В., Смешко О.Г. Влияние цифровых технологий на модернизацию менеджмента российских нефтегазовых компаний в условиях глобальных вызовов // Экономика и управление. 2022. Т. 28. №. 10. С. 1064-1073.

4. Байкова О.В., Громыко Е.О. Эффекты цифровой трансформации в нефтегазовом комплексе // Вестник университета. 2021. №. 6. С. 77-81.

5. Сайтова А.А., Ильинский А.А., Фадеев А.М. Сценарии развития нефтегазовых компаний России в условиях международных экономических санкций и декарбонизации энергетики // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2022. Т. 3. №. 77. С. 134-143.

6. Лобусев А.В., Скоробогатов В.А. Парадоксы и парадигмы развития нефтегазовой геологии и минерально-сырьевой базы добычи углеводородов России. Исторические аспекты и современность // Вести газовой науки. 2023. №. 1 (53). С. 115-126.

7. Матвеева Е.П. Разработка теоретико-концептуальных основ совершенствования управления цепями поставок нефтегазовых компаний в условиях цифровизации // Вестник Томского государственного университета. Экономика. 2023. №. 63. С. 187-205.

8. Никулина О.В. Стратегическое партнерство и взаимодействие нефтегазовых компаний в условиях цифровизации мировой экономики // Россия: тенденции и перспективы развития. 2022. №. 17-1. С. 475-478.

9. Чеботарев Н.Ф. Проблемы и факторы устойчивого развития нефтегазовых компаний в условиях цифровой трансформации // Проблемы



экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2021. №. 5. С. 14-22.

10. Семенов М.Е., Павельев Р.С., Стопорев А.С., Замрий А.В., Черных С.П., Викторова Н.В., Варфоломеев М.А. Текущее состояние и перспективы развития гидратной технологии хранения и транспортировки природного газа (обзор) // Петролеомика. 2022. Т. 2. №. 1. С. 2-17.

11. Захарова А.А. Анализ причин несоответствий после сертификации информационно-измерительных систем // Академическая наука как фактор и ресурс инновационного развития. 2021. С. 168-172.

12. Еремин Н.А. Цифровые системы управления транспортом газа // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. 2022. №. 2. С. 234-254.

13. Сертификация информационных систем [Электронный ресурс]. URL: ros-test.ru/sertifikacziya-informacziionnyh-sistem.html (дата обращения: 29.01.2025).

14. Huang W. Construction of natural gas energy-measuring system in China: A discussion // Natural Gas Industry B. 2022. Vol. 9. № 1. P. 33-40.

15. Munodawafa R. T., Johl S. K. Measurement development for eco-innovation capabilities of Malaysian oil and gas firms // International Journal of Productivity and Performance Management. 2022. Vol. 71. № 8. P. 3443-3465.

16. Корчагин С. А. Математическое моделирование электропроводности нанокompозита на основе углеродных нанотрубок с учетом эффекта волнистости и индекса дисперсии // Инженерный вестник Дона, 2024, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2024/9073.

17. Зиануров А. Ш., Шумихин А. Г. Аналитический обзор исследований по разработке и применению калибровочных моделей для поточного анализатора качества нефтепродуктов // Инженерный вестник Дона, 2021, №10 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7217.

References

1. Dmitrievskij A.N., Eremin N.A., Stoljarov V.E. Nauchnyj Zhurnal Rossijskogo Gazovogo Obshhestva. 2020. №. 3 (26). pp. 6-21.
 2. Avilova V.V., Chizhova E.N. Nauchnyj rezul'tat. Tehnologii biznesa i servisa. Vol. 9. №. 4. pp. 111-119.
 3. Golubeckaja N.P., Burgonov O.V., Smeshko O.G. Jekonomika i upravlenie. Vol. 28. №. 10. pp. 1064-1073.
 4. Bajkova O.V., Gromyko E.O. Vestnik universiteta. 2021. №. 6. pp. 77-81.
 5. Saitova A.A., Il'inskij A.A., Fadeev A.M. Sever i rynek: formirovanie jekonomicheskogo porjadka. 2022. T. 3. №. 77. pp. 134-143.
 6. Lobusev A.V., Skorobogatov V.A. Historical aspects and modernity. Vesti gazovoj nauki. 2023. №. 1 (53). pp. 115-126.
 7. Matveeva E.P. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Jekonomika. 2023. №. 63. pp. 187-205.
 8. Nikulina O.V. Rossia: tendencii i perspektivy razvitija. 2022. №. 17-1. pp. 475-478.
 9. Chebotarev N.F. Problemy jekonomiki i upravlenija neftegazovym kompleksom. 2021. №. 5. pp. 14-22.
 10. Semenov M.E., Pavel'ev R.S., Stoporev A.S., Zamrij A.V., Chernyh S.P., Viktorova N.V., Varfolomeev M.A. Petroleomika. 2022. T. 2. №. 1. pp. 2-17.
 11. Zaharova A.A. Akademicheskaja nauka kak faktor i resurs innovacionnogo razvitija. 2021. pp. 168-172.
 12. Eremin N.A. Izvestija Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Nauki o zemle. 2022. №. 2. pp. 234-254.
 13. Sertifikacija informacionnyh sistem. URL: ros-test.ru/sertifikacziya-informacionnyh-sistem.html (accessed: 29/01/2025).
 14. Huang W. Construction of natural gas energy-measuring system in China: A discussion // Natural Gas Industry B. 2022. Vol. 9. No. 1. pp. 33-40.
-



15. Munodawafa R. T., Johl S. K. International Journal of Productivity and Performance Management. 2022. Vol. 71. № 8. pp. 3443-3465.

16. Korchagin S. A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2024, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2024/9073.

17. Zianurov A. Sh., Shumixin A. G. Inzhenernyj vestnik Dona, 2021, №10. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n10y2021/7217.

Дата поступления: 4.01.2025

Дата публикации: 25.02.2025