

**УДК 620.9****КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОН-  
ТРОЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯ-  
ТИЯ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

В.И. Силаев, студент гр. ЭЛм-22-1, 2 курс; Д.Т. Голоев, студент гр. ЭЛм-23-1, 1 курс; Д.Т. Дзукаев студент гр. ЭЛб-23-2, 1 курс; А.Е. Жук студентка гр. ЭЛб-23-2, 1 курс

Клюев Роман Владимирович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой  
«Электроснабжения промышленных предприятий»

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт(госу-  
дарственный технологический университет)»  
г. Владикавказ

**Аннотация:** в рамках решения кейса «Производственная безопасность в цифре» ПАО «АЛРОСА», командой «Сила Тока» была разработана «концепция системы автоматизированного контроля производственной безопасности предприятия на основе цифровых технологий». Для качественной оценки решения использовался регрессивный метод, синтетические модели и синтетические тесты при анализе больших данных. Были проанализированы риски для работников предприятия, построена матрица рисков, оценена экономическая выгода от предложенных технологических решений, позволяющая повысить безопасность.

**Ключевые слова:** цифровые технологии, промышленный экзоскелет, дополненная реальность, умные камеры, экспертные среды, система контроля, аэро-газовый контроль, 3D сканер, горное дело, энергетика

**Введение**

В современном мире требуется всё большее количество полезных ископаемых для поддержания текущего уровня жизни. Это связано с тем, что характер современной экономики напрямую зависит от стабильных поставок всех видов ресурсов. Однако современный энергетический, инфляционный кризис в симбиозе с рецессией мировой экономики, накладывает огромное влияние на добывающую отрасль всего мира [1]. При этом многие страны – импортёры становятся всё менее обеспеченными из-за кризиса в промышленном секторе, а это влияет на рынки сбытов для стран-экспортёров. Исключением не стала и Россия, которая занимает солидную долю в 28% на 2023 год в области производства алмазов, что делает ПАО «АЛРОСА» компанией топ-1 по доли на рынке [1-2]. Такая высокая конкуренция, вынуждает проводить переоценку всех рисков, которые могут возникнуть у работников

предприятий. Для решения таких задач необходимо проводить комплексную оценку технологических процессов и мероприятий по повышению технологической безопасности на предприятии. Но для создания концепции системы автоматизированного контроля производственной безопасности предприятия на основе цифровых технологий, необходимо проанализировать некоторые ключевые факторы [3-4].

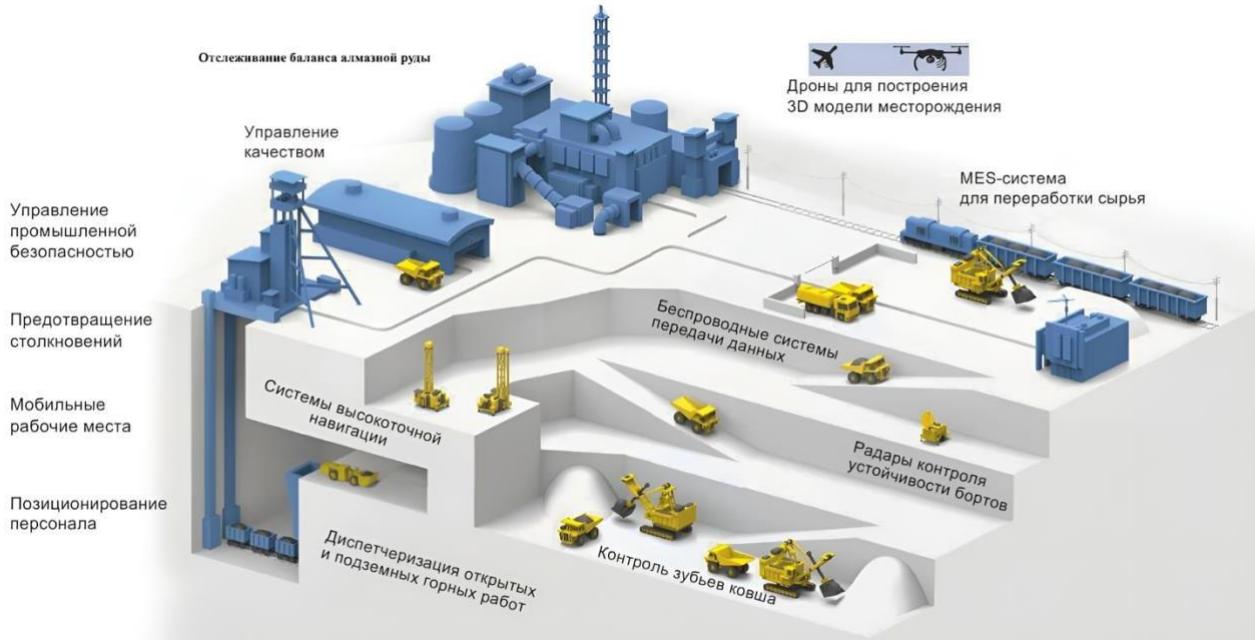


Рис. 1. Концепция системы автоматизированного контроля производственной безопасности предприятия на основе цифровых технологий

При решении кейса были рассмотрены все отчёты АК «АЛРОСА» (ПАО) с 2009 по 2022 год. Были проанализированы данные по добыче алмазов (АЛРОСА) в млн. карат, данные по средней стоимости 1 карата с 1999 по 2023 гг. и представлены основные показатели. Это представлено на рис. 2.



Рис. 2. Добыча в млн. карат ПАО «АЛРОСА» и средняя цена за 1 карат

Проведено исследование по изучению компаний, занимающих лидирующие позиции в отрасли. Это представлено на рис. 3.

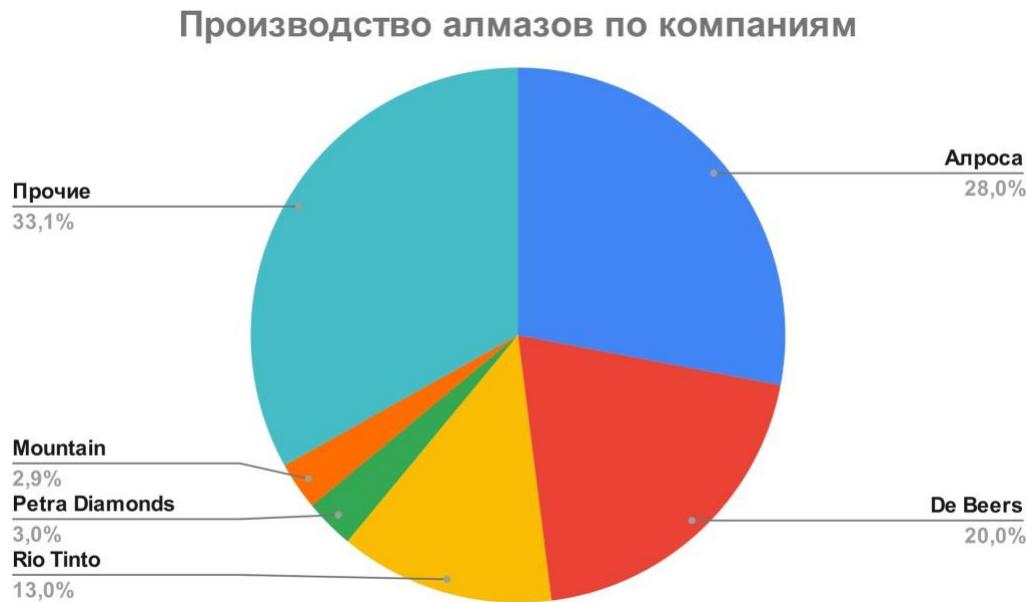


Рис. 3. Производство алмазов по компаниям

Также были проанализированы страны-импортёры алмазов. Эти данные представлены на рис. 4.

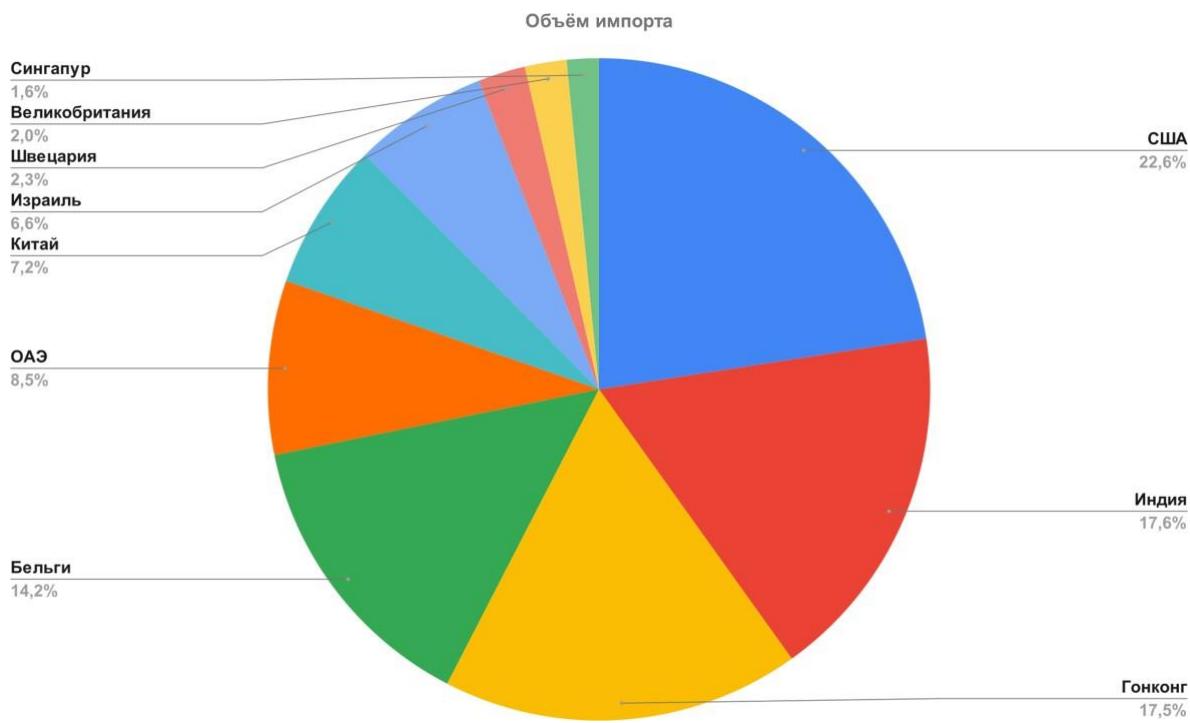


Рис. 4. Страны – импортёры алмазов в %

В ходе решения были рассмотрены все случаи получения травм на производстве (лёгкие, тяжёлые и летальные) с поправкой на коэффициент травматизма (ltifr) с 2009 по 2022 гг. Это представлено на рис. 5.

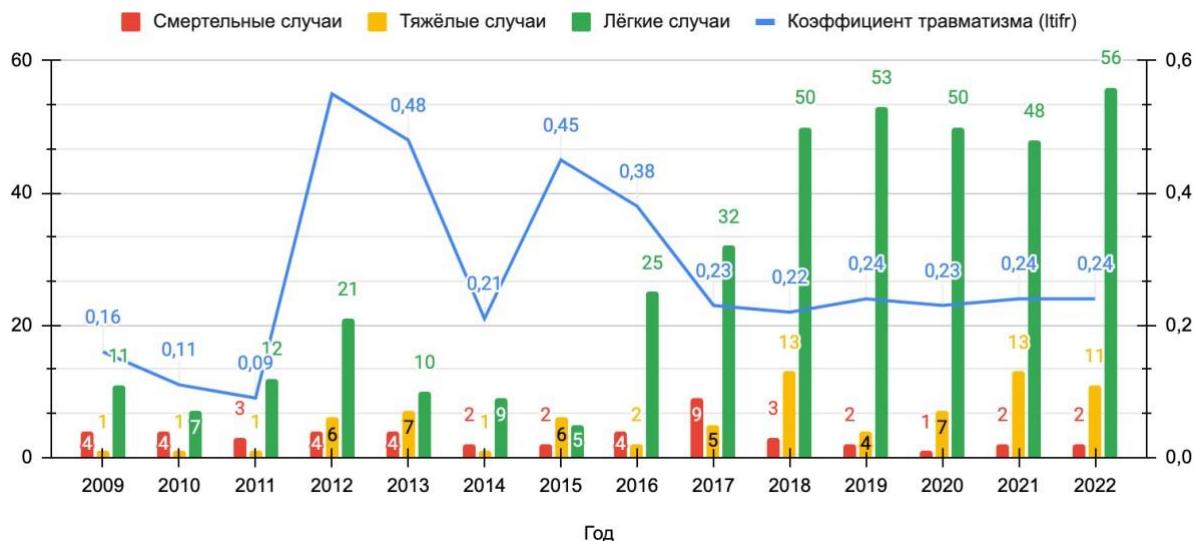


Рис. 5. Коэффициент травматизма по годам в ПАО АЛРОСА

### Основная часть (решение)

На основе синтетических моделей и результатов синтетических тестов - были проанализированы риски получения травмы персонала и оценка различных участков с повышенным производственными рисками, что позволило определить направление выбора необходимого комплекса технологий для реализации проекта «Концепция системы автоматизированного контроля производственной безопасности предприятия». Матрица рисков представлена на рисунке 6.



Рис. 6. Матрица рисков для различных участков разбитые по группам

Для предотвращения получения летальных случаев, а также тяжёлых и иных травм необходимо работников занятых в опасных участках оснастить промышленными экзоскелетами с AR-очками (очками дополненной реальности). Это поможет значительно сократить риски получения производственных травм, повысить мобильность и эффективность труда.



Рис. 7. Промышленный экзоскелет с AR-очками

Но для полноценного развития этого направления необходимо также использовать комплекс технологий по мониторингу за состоянием шахты, транспорта и состояния персонала. Для этого необходимо внедрить умные камеры, которые в своей основе используют машинное зрение и нейронные сети, также использовать дронов с 3D-сканерами позволяющие в режиме реального времени строить точные карты и туннелей и передавать заранее информацию на интерфейс AR - очков работников [3-5].

Каждая единица транспорта и каждый сотрудник должен также быть снабжён компактным и удобным 3D-сканером в случае отсутствия возможности запуска дрона и иных средств диагностики состояния туннелей. Также каждый новый уровень шахты и новые направления должны быть оборудованы специальными датчиками аэrogазового контроля, которая будет интегрирована в единую экспертную среду, которая работает на принципах СИИ (сверхискусственного интеллекта или же экстрим-технологий искусственного интеллекта) [5-6].

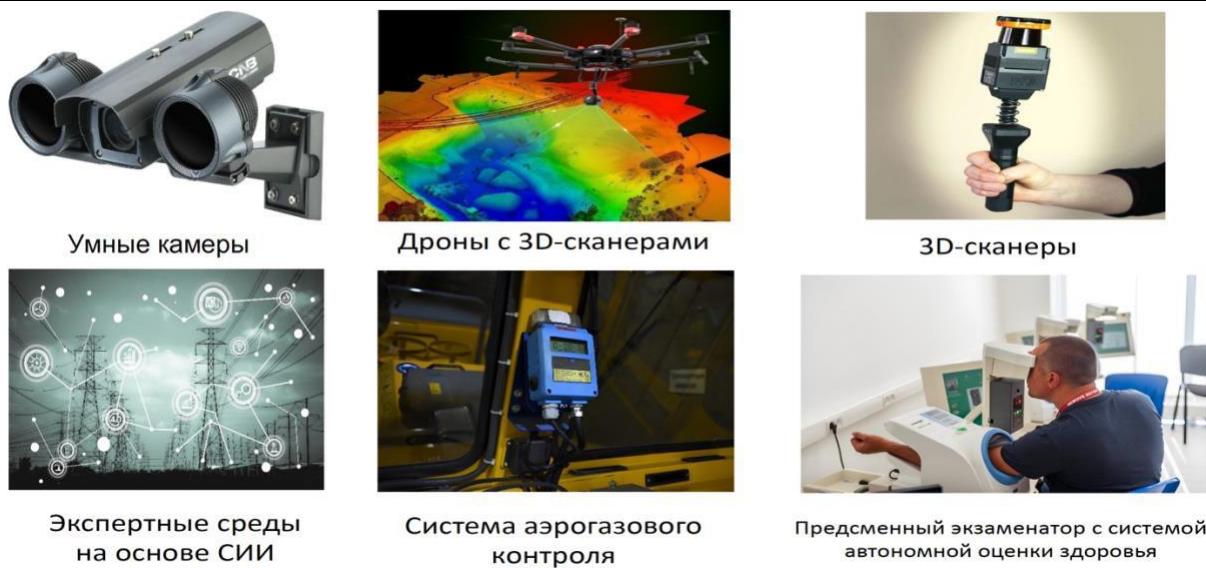


Рис. 8. Набор необходимых технологий для реализации экспертной среды на СИИ

Именно новый технологический уклад позволит значительно повысить эффективность производства и сократить издержки, снизить риск аварий и получения травм. Также на основе экспертной среды должны быть интегрированы специальные модульные станции предсменного экзаменатора с системой автономной оценки здоровья, которые позволят повысить эффективность выявления профессиональных заболеваний, моделировать лучший график работы, указать на что обратить внимание и дать более полную детализацию по необходимым комплексным мероприятиям.

Но чтобы это всё функционировало корректно необходимо также внедрять технологии Индустрии 4.0., а именно Smart Grid и Smart Metering [1,6]. Именно благодаря их функционалу возможно перейти на новый технологий уклад. Они представлены на рисунке 9.

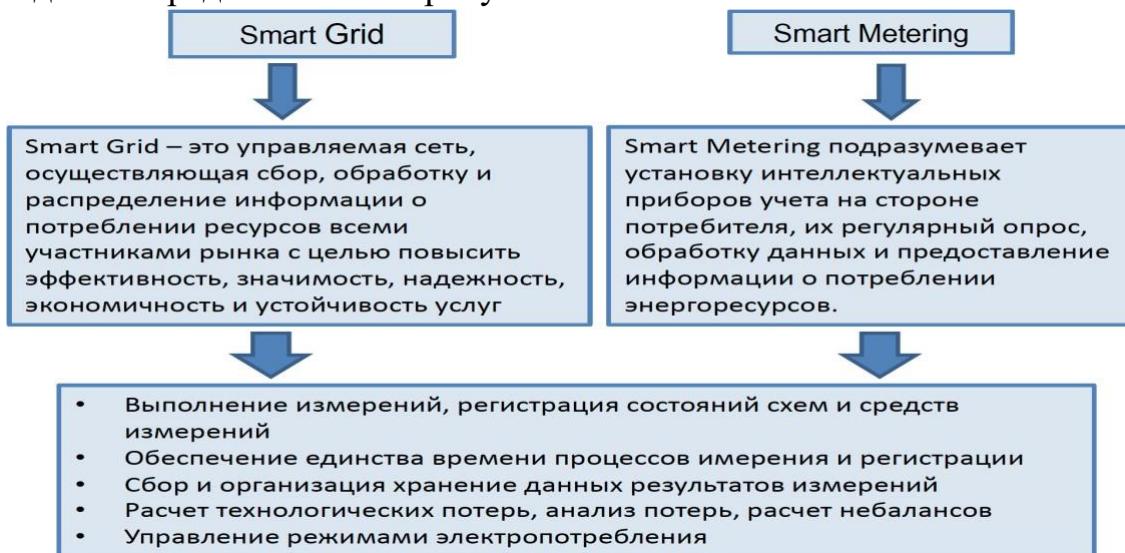


Рис. 9. Функционал технологий Smart Grid Smart Metering

## Заключение (итоги и результаты внедрения)

Таким образом выглядит наша Концепция системы автоматизированного контроля производственной безопасности предприятия. На основе синтетических тестов, синтетических моделей, машинного обучения и регрессивного анализа были получены результаты об эффекте от внедрения всех рекомендованных представлены на рисунке 10 и рисунке 11.

Это позволяет сделать вывод, что данная концепция имеет смысл и имеет перспективы на дальнейшее развитие, что позволит ПАО «АЛРОСА» занять ещё большую долю, снизить травматизм и повысить производительность труда, а также привлечь инвесторов, заинтересованных в цифровых решениях.

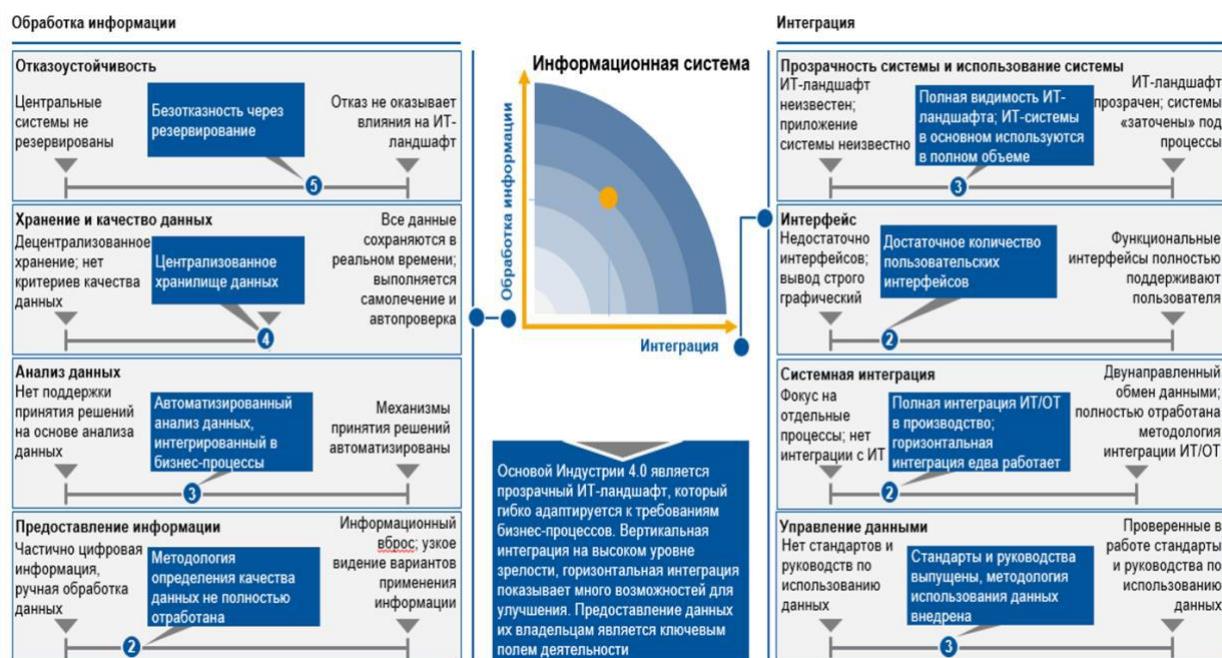


Рис. 10. Эффект от внедрения цифровых технологий Индустрии 4.0.



Рис. 11. Эффект рычагов создания добавленной стоимости и потенциальной выгоды

### Список литературы:

1. Силаев, В. И. Перспективы энергетики в Эпоху Глобальных Кризисов /В. И. Силаев, Б. М. Наниева // ЭНЕРГОСТАРТ: Материалы III Всероссийской молодежной научно-практической конференции, посвященного актуальным вопросам развития топливно-энергетического комплекса, Кемерово, 12–14 ноября 2020 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2021. – С. 230-1-230-5. – EDN AZYNPC.
2. Отчет об устойчивом развитии за 2022 г. // АЛРОСА | Корпоративный сайт URL: <https://www.alrosa.ru/investors/results-reports/esg-reports/2022/> (дата обращения: 24.11.2023).
3. Силаев, В. И. Необходимость сверхискусственного Интеллекта в энергетике будущего: закрытый ядерный топливный Цикл и губительный потенциал при использовании только ВИЭ, как основы для четвёртого энергетического перехода / В. И. Силаев // ЭНЕРГОСТАРТ: Материалы V Международной молодежной научно-практической конференции в рамках Десятилетия науки и технологий в Российской Федерации, Кемерово, 20–22 октября 2022 года / Редколлегия: Р.В. Беляевский (отв. редактор) [и др.]. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф.Горбачева, 2023. – С. 228-1-228-6. – EDN OOFCMV.
4. Силаев, В. И. Дистанционный мониторинг при строительстве объектов ТЭК на основе экстремум-технологии: третий этап Индустрии 5.0 / В. И. Силаев// Потенциал и вызовы развития возобновляемой энергетики: Сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Невинномысск, 19–23 декабря 2022 года. – Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2023. – С. 123-133.– EDN YUZYJB.
5. Силаев, В. И. Второй этап Индустрии 5.0: экстремальные цифровые технологии, или экстремум технологии и перспективы развития современных цифровых технологий до Индустрии 5.0 / В. И. Силаев, Б. М. Наниева, И. А. Берко // Современные научно-технические и социально-гуманитарные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации : Сборник докладов IV Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Владикавказ, 25–27 мая 2022 года. – Владикавказ: Северо- Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), 2023. – С. 212-216. – EDN BHDZIB.
6. Машинное обучение в энергетическом секторе: распределение и планирование / Д. И. Дятлова, В. И. Силаев, В. А. Донченко, О. А. Гаврина // Современные научно-технические и социально-гуманитарные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации : Сборник докладов IV Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Владикавказ, 25–27 мая 2022 года. – Владикавказ: Северо-Кавказский горно- металлический институт (государственный технологический университет), 2023. – С. 204-206. – EDN SYOBFS.