

ОСНОВАН В 1925 ГОДУ

ISSN 0041-5790

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ **ЖУРНАЛ**

УГОЛЬ

МИНИСТЕРСТВА ЭНЕРГЕТИКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

WWW.UGOLINFO.RU

7-2023

ФУТЕРОВКА POLY-TAPP SLIME

РЕШАЕМ ПРОБЛЕМЫ НАЛИПАНИЯ И ПРИМЕРЗАНИЯ МАТЕРИАЛА



РЕКЛАМА

TAPP GROUP
TECHNOLOGICAL ADVANCE FOR PLANT PRODUCTIVITY

Подробнее на стр. 17-18



НИВА-ХОЛДИНГ

**Уважаемые работники
угольной отрасли!
Дорогие коллеги, партнеры, друзья!**

С искренней радостью и уважением поздравляю вас

с наступающим Днём шахтёра!



С наилучшими пожеланиями,
генеральный директор
УПП «Нива» -
управляющей компании
холдинга «Нива-Холдинг»
А.С. Романович

*Этот праздник - символ вашего мастерства,
решительности, преданности,
которые невозможно переоценить.*

*Высокий профессионализм и смелость ежедневно
помогают вам совершать шахтерский подвиг:
заниматься добычей сокровищ из недр земли,
так необходимых для развития экономики страны
и жизни общества.*

*В этот праздничный день выражаю
сердечную благодарность за ваше доверие
к технике бренда «NIVA».*

*Мы гордимся, что холдинг «Нива-Холдинг»
обеспечивает надежным, эффективным,
безопасным оборудованием, способным справиться
с самыми сложными задачами в вашей нелегкой работе.*

*Мы дорожим нашим партнерством: ваши успехи
являются для «Нива-Холдинг»
ценным источником вдохновения и стремления
к постоянному совершенствованию своей экспертности
в сфере горного машиностроения.*

*В этот замечательный праздник желаю здоровья,
благополучия, процветания, стабильности
вам и вашим семьям.*

*Пусть каждый новый день приносит
очередные достижения и гордость
от проделанной работы!*

Вместе мы сможем все!

С праздником!



NIVA.BY

Главный редактор
МОЧАЛЬНИКОВ С.В.
 Канд. экон. наук,
 заместитель министра энергетики
 Российской Федерации

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

АРТЕМЬЕВ В.Б.,
 доктор техн. наук
ГАЛКИН В.А.,
 доктор техн. наук, профессор
ЗАЙДЕНВАРГ В.Е.,
 доктор техн. наук, профессор
ЗАХАРОВ В.Н., чл.-корр. РАН,
 доктор техн. наук, профессор
КОВАЛЬЧУК А.Б.,
 доктор техн. наук, профессор
КОЛИКОВ К.С.,
 доктор техн. наук
ЛИТВИНЕНКО В.С.,
 доктор техн. наук, профессор
МОХНАЧУК И.И., канд. экон. наук
ПЕТРОВ И.В.,
 доктор экон. наук, профессор
ПОПОВ В.Н.,
 доктор экон. наук, профессор
ПОТАПОВ В.П.,
 доктор техн. наук, профессор
РОЖКОВ А.А.,
 доктор экон. наук, профессор
РЫБАК Л.В.,
 доктор экон. наук, профессор
СКРЫЛЬ А.И., горный инженер
СУСЛОВ В.И., чл.-корр. РАН,
 доктор экон. наук, профессор
ЩАДОВ В.М.,
 доктор техн. наук, профессор
ЯКОВЛЕВ Д.В.,
 доктор техн. наук, профессор

Иностранцы члены редколлегии

Проф. **Гюнтер АПЕЛЬ,**
 доктор техн. наук, Германия
 Проф. **Карстен ДРЕБЕНШТЕДТ,**
 доктор техн. наук, Германия
 Проф. **Юзеф ДУБИНЬСКИ,**
 доктор техн. наук, чл.-корр. Польской
 академии наук, Польша
Сергей НИКИШИЧЕВ,
 комп. лицо FIMMM,
 канд. экон. наук, Великобритания,
 Россия, страны СНГ
 Проф. **Любен ТОТЕВ,**
 доктор наук, Болгария

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в октябре 1925 года

УЧРЕДИТЕЛИ
 МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ
 РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ»

ИЮЛЬ

7-2023 /1169/

УГОЛЬ

ИНФОРМАЦИЯ И АНАЛИТИКА

Угольные компании сохраняют конкурентоспособность на мировом рынке	4
156 решений для технологического лидерства России представили на финале XI чемпионата «CASE-IN»	5
Выбросы парниковых газов достигли нового исторического максимума	7
Бюллетень оперативной информации о ситуации в угольном бизнесе «Уголь-Курьер»	9
Хроника. События. Факты. Новости	11
Лохов Д.С.	
Как бороться с проблемой налипания и примерзания материала	17
Афендииков Владлен Саввич (к 85-летию со дня рождения)	19

ЭКОНОМИКА

Осокина Н.В., Жернов Е.Е.	
Проблемы адаптации угольной отрасли России в перспективе декарбонизации мировой экономики	20
Пономарев В.П., Пучков А.Л.	
Общие задачи проектов по программе ДВА НИТУ МИСИС	25
Минаев В.А., Овсяник А.И., Фаддеев А.О., Киселева С.П.	
Оценка вертикальных ускорений литосферных плит в интересах снижения рисков в угледобывающей отрасли Арктической зоны	31

ИННОВАЦИИ

Лебедева Н.Е.	
Оценка эффективности развития инновационной инфраструктуры угольной промышленности	36

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

Бажутова Е.А., Скуфьина Т.П.	
Региональные, муниципальные и корпоративные аспекты управления вахтовой миграцией в регионах Арктической зоны Российской Федерации	41

ПОДЗЕМНЫЕ РАБОТЫ

Акижанова Ж.Т., Жетесова Г.С., Бейсембаев К.М., Буялич Г.Д., Нокина Ж.Н.	
К методике расчета горного давления у короткого забоя	50
Халкечев К.В., Халкечев Р.К., Левкин Ю.М.	
Математическая модель поля напряжений в целиках с учетом магистральной трещины на угольных месторождениях	56

ГОРНЫЕ РАБОТЫ

Смирняков В.В., Лейсле А.В., Магомет Р.Д., Мухортиков С.Г., Пинскер О.В., Анисимов Д.О.	
Экспериментальные исследования повышения эффективности работы вентиляторов местного проветривания за счет изменения частоты вращения рабочего колеса	59

ПЕРЕРАБОТКА УГЛЯ

Черкасова Т.Г., Неведров А.В., Папин А.В.	
Исследование процесса термического растворения угля марки Г	68

ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

Цюпа Д.А.	
Систематизация причин возникновения аварийных ситуаций при строительстве подземных сооружений	72

ООО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «УГОЛЬ»

119049, г. Москва,
Ленинский проспект, д. 2А, офис 819
Тел.: +7 (499) 237-22-23
E-mail: ugol1925@mail.ru
E-mail: ugol@ugolinfo.ru

Генеральный директор

Ольга ГЛИНИНА

Научный редактор

Ирина КОЛОБОВА

Менеджер

Ирина ТАРАЗАНОВА

Ведущий специалист

Валентина ВОЛКОВА

Технический редактор

Наталья БРАНДЕЛИС

ЖУРНАЛ ЗАРЕГИСТРИРОВАН

Федеральной службой по надзору
в сфере связи и массовых коммуникаций.
Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
ПИ № ФС77-34734 от 25.12.2008

ЖУРНАЛ ВКЛЮЧЕН

в Перечень ВАК Минобрнауки РФ
(в международные реферативные базы
данных и системы цитирования) –
по техническим и экономическим наукам

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 1,151
(без самоцитирования – 0,79)

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,71
(без самоцитирования – 0,501)

ЖУРНАЛ ПРЕДСТАВЛЕН

в Интернете на веб-сайте

www.ugolinfo.ru

www.ugol.info

и на отраслевом портале

«РОССИЙСКИЙ УГОЛЬ»

www.rosugol.ru

НАД НОМЕРОМ РАБОТАЛИ:

Научный редактор И.М. КОЛОБОВА

Корректор В.В. ЛАСТОВ

Компьютерная верстка Н.И. БРАНДЕЛИС

Подписано в печать 04.07.2023.

Формат 60x90 1/8.

Бумага мелованная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 11,5 + обложка.

Тираж 3300 экз. Тираж эл. версии 1600 экз.

Общий тираж 4900 экз.

Отпечатано:

ООО «РОЛИКС ПРИНТ»

117105, г. Москва, пр-д Нагорный, д.7, стр.5

Тел.: (495) 661-46-22;

www.roliksprint.ru

Заказ № 129089

Журнал в **App Store** и **Google Play**



ГЕОИНФОРМАТИКА

Степанов И.Ю., Бурмин Л.Н., Степанов Ю.А.

Компонентная архитектура ГИС исследования геометрии породного массива
методом сейсморазведки _____ 75

ВОПРОСЫ КАДРОВ

Коровяковский Д.Г.

Экономическая модель подготовки кадров в системе управления
ресурсным потенциалом угольных тепловых станций _____ 81

РУДНИЧНАЯ ВЕНТИЛЯЦИЯ

Журавков М.А., Николаев А.В.

Экспертная система компьютерного моделирования вентиляционной обстановки
в шахте при возникновении аварии _____ 85

ЗА РУБЕЖОМ

Зеньков И.В., Чинь Ле Хунг, Юронен Ю.П., Вокин В.Н., Киришина Е.В., Кондрашов П.М., Раевич К.В., Латынцев А.А.

Исследование технологических показателей карьеров по добыче угля в штате Новый
Южный Уэльс с использованием ресурсов дистанционного мониторинга Земли из космоса _____ 89

Список реклам

TAPP Group	1-я обл.	УПП «НИВА»	4-я обл.
		УК холдинга «НИВА-Холдинг»	
УПП «НИВА»	2-я обл.	Mining World Kazakhstan	15
УК холдинга «НИВА-Холдинг»			
Mining World Russia	3-я обл.	НПП Завод МДУ	30

* * *

Журнал «Уголь» представлен в eLIBRARY.RU

Входит в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 1,15 (без самоцитирования – 0,79).

Журнал «Уголь» индексируется

в международной реферативной базе данных и систем цитирования

SCOPUS (рейтинг журнала Q2)

Журнал «Уголь» является партнером CROSSREF

Редакция журнала «Уголь» является членом Международной ассоциации
по связям издателей / Publishers International Linking Association, Inc. (PILA).

Всем научным статьям журнала присваиваются Digital Object Identifier (DOI).

Журнал «Уголь» является партнером EBSCO

Редакция журнала «Уголь» имеет соглашение с компанией EBSCO Publishing, Inc. (США).

Все публикации журнала «Уголь» с 2016 г. входят в базу данных компании EBSCO
Publishing (www.ebsco.com), предоставляющей свою базу данных для академических

библиотек по всему миру. EBSCO имеет партнерские отношения с библиотеками на
протяжении уже более 70 лет, обеспечивая содержание исследований качества, мощные
технологии поиска и интуитивные платформы доставки.

Журнал «Уголь» представлен в «КиберЛенинке»

Электронная научная библиотека «КиберЛенинка» (CYBERLENINKA) входит в топ-10
мировых электронных хранилищ научных публикаций и построена на парадигме
открытой науки (Open Science), основной задачей которой является популяризация
науки и научной деятельности. Это третья в мире электронная библиотека по
степени видимости материалов в Google Scholar.

Журнал «Уголь» представлен в CNKI Scholar

Платформа CNKI Scholar (<http://scholar.cnki.net>) – ведущий китайский агрегатор
и поставщик академической информации. CNKI имеет наибольшее количество
пользователей на рынке академических и профессиональных услуг Китая из более чем
20 тыс. учреждений, университетов, исследовательских институтов, правительств,
корпораций, предоставляя им полнотекстовые базы данных CNKI онлайн. С 2008 г.
китайский агрегатор проиндексировал более 60 тыс. журналов и 400 тыс.
электронных книг, трудов более 500 международных издательств, обществ, включая
SpringerNature, Elsevier, Taylor & Francis, Wiley, IOP, ASCE, AMS и др.

Подписные индексы:

– Интернет-каталог «Пресса России» – 87717; Т7728; Э87717

– Каталог «Урал-Пресс» – 71000; 87776; 007097; 009901

Chief Editor**MOCHALNIKOV S.V.**Ph.D. (Economic),
Deputy Minister of Energy
of the Russian Federation,
Moscow, 107996, Russian Federation**Members of the editorial council:**

ARTEMIEV V.B., Dr. (Engineering),
Moscow, 115054, Russian Federation

GALKIN V.A., Dr. (Engineering), Prof.,
Chelyabinsk, 454048, Russian Federation

ZAIDENVARG V.E., Dr. (Engineering), Prof.,
Moscow, 119019, Russian Federation

ZAKHAROV V.N., Dr. (Engineering), Prof.,
Corresp. Member of the RAS,
Moscow, 111020, Russian Federation

KOVALCHUK A.B., Dr. (Engineering), Prof.,
Moscow, 119019, Russian Federation

KOLIKOV K.S., Dr. (Engineering),
Moscow, 119019, Russian Federation

LITVINENKO V.S., Dr. (Engineering), Prof.,
Saint Petersburg, 199106, Russian Federation

MOKHNACHUK I.I., Ph.D. (Economic),
Moscow, 109004, Russian Federation

PETROV I.V., Dr. (Economic), Prof.,
Moscow, 119071, Russian Federation

POPOV V.N., Dr. (Economic), Prof.,
Moscow, 119071, Russian Federation

POTAPOV V.P., Dr. (Engineering), Prof.,
Kemerovo, 650025, Russian Federation

ROZHKOVA A.A., Dr. (Economic), Prof.,
Moscow, 119071, Russian Federation

RYBAK L.V., Dr. (Economic), Prof.,
Moscow, 119034, Russian Federation

SKRYL' A.I., Mining Engineer,
Moscow, 119049, Russian Federation

SUSLOV V.I., Dr. (Economic), Prof.,
Corresp. Member of the RAS,
Novosibirsk, 630090, Russian Federation

SHCHADOV V.M., Dr. (Engineering), Prof.,
Moscow, 119034, Russian Federation

YAKOVLEV D.V., Dr. (Engineering), Prof.,
Saint Petersburg, 199106, Russian Federation

Foreign members of the editorial council:

Prof. **Guenther APEL**, Dr.-Ing.,
Essen, 45307, Germany

Prof. **Carsten DREBENSTEDT**, Dr. (Engineering),
Freiberg, 09596, Germany

Prof. **Jozef DUBINSKI**, Dr. (Engineering),
Corresp. Member PAS, Katowice, 40-166, Poland

Sergey NIKISHICHEV, FIMMM, Ph.D. (Economic),
Moscow, 125047, Russian Federation

Prof. **Luben TOTEV**, Dr., Sofia, 1700, Bulgaria

Ugol' Journal Edition LLCLeninsky Prospekt, 2A, office 819
Moscow, 119049, Russian Federation
Tel.: +7 (499) 237-2223
E-mail: ugol1925@mail.ru
www.ugolinfo.ru**MONTHLY JOURNAL, THAT DEALS WITH SCIENTIFIC,
TECHNICAL, INDUSTRIAL AND ECONOMIC TOPICS**

Established in October 1925

FOUNDERSMINISTRY OF ENERGY
THE RUSSIAN FEDERATION,
UGOL' JOURNAL EDITION LLC**JULY****7' 2023****UGOL' / RUSSIAN
COAL
JOURNAL****CONTENT****INFORMATION & ANALYTICS****Coal companies remain globally competitive** _____ 4**156 solutions for Russian technological leadership were presented at the finals of the 11-th CASE-IN Championship** _____ 5**Greenhouse gas emissions hit a new historic high** _____ 7**Bulletin of operational information about the situation in the coal business** _____ 9**The chronicle. Events. The facts. News** _____ 11
Lokhov D.S.**How to deal with the problem of sticking and freezing of the material** _____ 17**Afendikov Vladlen Savvich (to a 85-anniversary from birthday)** _____ 19**ECONOMIC**Osokina N.V., Zhernov E.E.
Challenges of adapting Russia's coal industry in the context of global economic carbonization _____ 20Ponomarev V.P., Puchkov A.L.
General objectives of projects under the DBA program of the NUST MISIS _____ 25Minaev V.A., Ovsyanik A.I., Faddeev A.O., Kiseleva S.P.
Assessment of vertical accelerations of lithospheric plates in the interests of reducing risks in the Arctic zone coal mining industry _____ 31**INNOVATIONS**Lebedeva N.E.
Effectiveness assessment the development of the innovative infrastructure of the coal industry _____ 36**SOCIAL & ECONOMIC ACTIVITY**Bazhutova E.A., Skufina T.P.
Regional, municipal and corporate aspects of management of the shift migration in the regions of the Arctic zone of the Russian Federation _____ 41**UNDERGROUND MINING**Akizhanova Zh.T., Zhettesova G.S.,
Beisembayev K.M., Buyalich G.D. Nokina Zh.N.
To the method of calculation of rock pressure at a short fage _____ 50Khalkechev K.V., Khalkechev R.K., Levkin Yu.M.
Mathematical model of the stress field in the pillars with due account taken of the main crack in coal fields _____ 56**MINING EQUIPMENT**Smirnyakov V.V., Lejse A.V., Magomet R.D.,
Mukhortikov S.G., Pinsker O.V., Anisimov D.O.
Experimental studies to enhance the efficiency of booster fans by changing the rotation frequency of the impeller _____ 59**COAL PREPARATION**Cherkasova T.G., Nevedrov A.V., Papin A.V.
Investigation of the process of thermal dissolution of coal grade G _____ 68**GEOTECHNOLOGY**Tsyupa D.A.
Classification of emergency situations in the construction of subways _____ 72**GEOINFORMATICS**Stepanov I.Yu., Burmin L.N., Stepanov Yu.A.
A component-based architecture of a GIS study into geometry of a rock mass using seismic data _____ 75**STAFF ISSUES**Korovyakovskiy D.G.
An economic model for personnel training as part of the resource potential management system of coal-fired thermal power plants _____ 81**MINE VENTILATION**Zhuravkov M.A., Nikolaev A.V.
Expert system for computer simulation of the ventilation situation in the mine in the event of an accident _____ 85**ABROAD**Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Yuronen Yu.P.,
Vokin V.N., Kiryushina E.V., Kondrashov P.M.,
Raevich K.V., Latyntsev A.A.
A study into technological indicators of surface coal mines in the New South Wales using Earth's remote sensing data _____ 89

Угольные компании сохраняют конкурентоспособность на мировом рынке



На заседании комиссии Госсовета Российской Федерации по направлению «Энергетика», которая прошла в рамках деловой программы Международной специализированной выставки «Уголь России и Майнинг 2023», ключевой темой стал вопрос достижения технологического суверенитета угольной отрасли.

По словам заместителя министра энергетики РФ Сергея Викторовича Мочальникова, по итогам 2022 г. доля импортного оборудования у организаций угольной промышленности сохранилась, однако сейчас необходимо двигаться к цели достижения технологической независимости отрасли, и угольные предприятия ведут активную работу в этом направлении.

«По предварительным данным, добыча угля в России по итогам пяти месяцев превысила 162 млн т, экспорт – 83 млн т, что выше показателя аналогичного периода 2022 г. на 2% и 1,9% соответственно», – отметил замминистра.

«В Минэнерго и Минпромторге подготовлен перечень технических заданий из 78 позиций на горношахтное оборудование, по которому имеется критическая зависимость от импорта. В настоящее время машиностроительные организации ведут научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы для дальнейшего производства такого оборудования», – рассказал он.

Замминистра подчеркнул, что выпускаемое оборудование должно иметь коэффициент технической готовности не ниже 0,95 и стоимость владения, сопоставимые с лучшими зарубежными образцами.

«Важно, чтобы угольные компании принимали участие в подготовке конструкторской документации и испытания указанного оборудования. Предприятия нарабатывали номенклатуру из более 400 запасных частей и комплектующих, которые производятся для поддержания работы импортного оборудования. Это колоссальный опыт, накопленный угольными компаниями и их машиностроительными подразделениями, который необходимо

использовать для ускорения запуска работы всех 78 технических заданий», – отметил он.

Кроме этого, Сергей Викторович Мочальников рассказал, что в 2014 г. была отменена государственная функция по выдаче разрешений на применение технических устройств на опасных производственных объектах, в том числе на объектах угольной промышленности. По его словам, обязательность процедуры промышленных испытаний должна быть восстановлена для вновь разрабатываемого оборудования и технических средств, применяемых на опасных по газу метану шахтах.

«Необходимо создать стендовую базу по испытанию горношахтного оборудования в Кузбассе, которую следует объединить в единый испытательный центр под эгидой научного центра ВостНИИ», – сказал замминистра.

На совместном заседании Высшего горного совета НП «Горнопромышленники России» и Комитета ТПП РФ по энергетической стратегии и развитию ТЭК обсудили совместную работу по развитию отраслей ТЭК в условиях трансформации в Арктическом регионе и на Дальнем Востоке, в том числе новые нефтегазовые проекты, нефтегазохимию, развитие электроэнергетики и угольной отрасли.

«Эпоха трансформации отраслей ТЭК началась достаточно давно, с годами меняется только ее скорость, и сегодня она максимальна. Необходимо сдерживать этот темп в принятии решений, кардинально менять подходы к поставленным задачам и делать это максимально оперативно. Подобные заседания, обмен мнениями экспертов и совместные дискуссии крайне важны для достижения такой цели», – подчеркнул Сергей Викторович Мочальников.

Замминистра также отметил, что последние годы для угольной промышленности стали этапом стабильного развития, и сейчас отрасль остается на высоком уровне операционной и производственной эффективности, сохраняя объемы добычи и экспорта угля.

Пресс-служба Минэнерго РФ



156 решений для технологического лидерства России представили на финале XI чемпионата «CASE-IN»

Международный инженерный чемпионат «CASE-IN» – это международная система соревнований по решению инженерных кейсов среди школьников, студентов и молодых специалистов отраслей топливно-энергетического и минерально-сырьевого комплексов. Чемпионат реализуется в соответствии с Планом мероприятий, направленных на популяризацию рабочих и инженерных профессий, утвержденным в 2015 г.

В этом году 156 идей для достижения технологического лидерства в различных отраслях промышленности России были представлены на финале XI Международного инженерного чемпионата «CASE-IN», одного из проектов президентской платформы «Россия – страна возможностей». Школьники, студенты и молодые специалисты продемонстрировали накопленные профессиональные знания и навыки, обменялись опытом с коллегами, получили ценные наставления от экспертов и нашли единомышленников. Участники 39 команд чемпионов и призеров получают дополнительные баллы ЕГЭ, привилегии при поступлении в магистратуру и аспирантуру, а также карьерные перспективы.

Организаторами чемпионата «CASE-IN» выступили: Фонд «Надежная смена», Некоммерческое партнерство «Молодежный форум лидеров горного дела» и ООО «АстраЛогика». Соорганизатор финала XI сезона – Университет науки и технологий МИСиС.

Проект «CASE-IN» президентской платформы «Россия – страна возможностей» реализуется в рамках федерального проекта «Социальные лифты для каждого» национального проекта «Образование». Проект реализуется с использованием гранта Президента Российской Федерации на развитие гражданского общества. Чемпионат «CASE-IN» включен в инициативу «Наука побеждать» и план Десятилетия науки и технологий, которые пройдет в России в 2022-2031 гг.

«На протяжении XI сезона «CASE-IN» участники развивали тему «Технологическое лидерство»: решали кейсы и выполняли задания, связанные с искусственным интеллектом, вычислением и передачей данных, робототехникой, промышленными технологиями, – рассказал основатель и сопредседатель чемпионата «CASE-IN» Артем Королев. – До финала сумели дойти 156 молодежных команд – это 660 участников Школьной и Студенческой лиги, Лиги молодых специалистов, Специальной лиги «Архитектура, проектирование и строительство» и Специальной лиги ПАО «Т Плюс».

Первый заместитель генерального директора АНО «Россия – страна возможностей» Алексей Агафонов отметил, что «CASE-IN» уже 11 лет обеспечивает высокую конкурентную среду для развития отраслевой молодежи.

На протяжении трех дней команды представляли экспертному сообществу свои проекты. В награждении авторов лучших решений приняли участие представители Министерства энергетики Российской Федерации, АНО «Россия – страна возможностей», Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Федерального агентства по делам молодежи и отраслевых компаний-партнеров проекта.

Финал прошел на площадке партнера чемпионата НИТУ МИСиС, с которым «CASE-IN» связывает более 10 лет сотрудничества. Университет с 2014 г. является соорганизатором Студенческой лиги, а учащиеся вуза принимают активное участие в соревнованиях, неоднократно завоевывая кубки и медали.



От имени гостеприимных хозяев участников приветствовала **ректор НИТУ МИСис Алевтина Черникова**: «Для обучающихся «CASE-IN» – это возможность применить на практике полученные знания, попробовать свои силы в решении реальных производственных задач, разработанных бизнес-партнерами чемпионата. В этом году в финале по направлениям «Горное дело», «Металлургия», «Горные машины и оборудование» участвовали три команды НИТУ МИСис. Они продемонстрировали высокий уровень фундаментальной и практической подготовки и достойно справились с решением кейсов. Победители и призеры «CASE-IN» получат дополнительные баллы при поступлении в магистратуру Университета МИСис».

В первый день финала перед экспертами выступали самые юные участники соревнования – школьники, а также будущие специалисты горнодобывающей промышленности и энергетики.

Традиционным партнером «горных» направлений Студенческой лиги выступает компания «АЛРОСА». Начальник управления подбора и развития персонала Наталья Петухова отметила, что финалисты чемпионата прошли сложный путь отборочных соревнований и вне зависимости от итоговых результатов уже являются победителями.

Также финалистов поздравил генеральный директор ООО «Майкромайн Рус» Борис Курцев. Компания, внедряя в соревновательную часть чемпионата свои технологические разработки, ежегодно помогает студентам-горнякам и геологам находить наиболее эффективные решения кейсов в направлениях «Горное дело» и «Геологоразведка».

Будущим специалистам горнодобывающей промышленности алмазодобывающая компания «АЛРОСА» предложила представить передовые технологии ведения горных работ, обеспечивающие безопасную и бесперебойную работу карьера «Юбилейный» в Республике Саха (Якутия), а также разработать мероприятия, которые сократят время обслуживания самоходной техники и повысят эффективность работы ремонтного персонала.

В направлении «Горное дело» на высшую ступень пьедестала поднялась команда Санкт-Петербургского горного университета «Миллион карат»: Сергей Бархатов (капитан), Андрей Васильев, Егор Расторгуев и Владимир Титов. Серебро – у команды «Роза Ветров» Белгородского государственного национального исследовательского университета: Евгений Карташов (капитан), Артем Телешенко, Артем Чистяков. На третьем месте расположились студенты Иркутского национального исследовательского технического университета Алена Мелехина (капитан), Максим Батраков, Владислав Ерофеев, Никита Ефремов из команды Diamonds of Siberia.

Чемпионом в направлении «Горные машины и оборудование» второй год подряд стала команда «Гора ветров»: студенты филиала Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева в г. Прокопьевске Анастасия Сохорева (капитан), Бобур Абдуллаев, Наталья Волынкина – двукратные победители «CASE-IN». Второе место заняли студенты Южно-Российского государственного политехнического университета имени М.И. Платова Даниил Шахов (капитан), Дарья Зубова и Семен Семенист, объединенные в команду «Шелковица». Бронзу получила команда Российского университета дружбы народов «Горный Альянс»: Карим Тогола (капитан), Маргарита Бочарова, Леонид Кондратьев и Иван Рыжий.

В заключительный день финала, медали поделили участники студенческих направлений «Нефтегазовое дело», «Металлургия» и «Теплоэнергетика», а также Студенческой Специальной лиги и Лиги молодых специалистов.

Чемпионы и призеры XI сезона получили ценные призы. Наградой для лучших студентов стали привилегии при поступлении в магистратуру и аспирантуру 24 университетов, стажировки и практики в компаниях-партнерах с возможностью последующего трудоустройства.



Выбросы парниковых газов достигли нового исторического максимума

Выбросы парниковых газов в электроэнергетике по итогам 2022 г. выросли на 1,3%, достигнув 12,43 млн т CO₂-эквивалента, что является историческим максимумом. Однако при этом удельная углеродоемкость генерации сократилась на 1,1%, до 436 граммов CO₂-эквивалента на киловатт-час (кВт·ч) выработки, следует из данных аналитического центра Ember.

Сочетание этих двух трендов – в виде прироста абсолютного объема выбросов и сокращения удельной углеродоемкости – характерно в целом для двух прошедших десятилетий. Если эмиссия парниковых газов в электроэнергетике в период с 2000 по 2022 г. выросла на 78%, то средний объем выбросов при выработке 1 кВт·ч электроэнергии за тот же период снизился на 6% (с 466 до 436 граммов CO₂-эквивалента на кВт·ч).

Увеличение выбросов во многом связано с приростом потребления электроэнергии, который достиг 90% в период с 2000 по 2022 г. Прирост в абсолютном выражении составил 13 546 тераватт-часов (ТВт·ч), что сопоставимо с текущим годовым спросом на электроэнергию в Азиатско-Тихоокеанском регионе (АТР). Ключевым фактором стал бурный экономический рост в странах Азии, который был бы невозможен без строительства новых угольных ТЭС, обеспечивающих доступ к надежной и чистой энергии. По оценке экспертов ассоциации «Глобальная энергия», на долю Китая и Индии в период с 2000 по 2022 г. пришелся 81% общемирового ввода мощности угольных электростанций (1 221 из 1 500 гигаватт).

Драйвером энергоспроса оставались и США, где потребление электроэнергии с 2000 по 2022 г. выросло на 13% (до 4 338 ТВт·ч). Соединенные Штаты в этот период были мировым лидером по темпам строительства газовых электростанций: в стране было введено в строй 179 гигаватт (ГВт) газовых ТЭС (19% от общемирового объема), тогда как в Китае, занимающем по этому показателю вторую строчку, – 107 ГВт (11%). В результате выбросы парниковых газов со стороны газовой ге-



Фото из ресурсов «Глобальной энергии»

нерации в США выросли с 301 млн т CO₂-эквивалента в 2000 г. до 828 млн т в 2022 г.

В свою очередь, упомянутое снижение углеродоемкости во многом связано с изменением глобальной структуры электрогенерации. Если в 2000 г. на ветровые и солнечные генераторы приходилось 0,2% глобальной выработки электроэнергии, то в 2022 г. – ровно 12%. Общая же доля низкоуглеродных источников (включая атомные и гидроэлектростанции, а также генераторы на биомассе и редких видах ВИЭ) за этот период увеличилась с 35,8% до 39,1%, тогда как доля электростанций на ископаемом топливе (уголь, газ, нефтепродукты) – снизилась с 64,2% до 60,9%.

Показатель углеродоемкости является расчетным: по оценке Ember, при выработке электроэнергии из каменного угля образуется в среднем 1 100 граммов CO₂-эквивалента парниковых газов, а при выработке из газа и прочих ископаемых источников – 370 граммов и 700 граммов CO₂-эквивалента соответственно. Чем ниже доля ископаемых источников в структуре генерации, тем ниже удельные выбросы. Этим и вызвано снижение углеродоемкости глобальной электроэнергетики, зафиксированное Ember по итогам прошедших двадцати с небольшим лет.

Ассоциация по развитию международных исследований и проектов в области энергетики
«Глобальная энергия»

Хранение энергии и улавливание CO₂ – самые быстрорастущие сегменты мировой энергетики

Глобальные инвестиции в строительство систем хранения энергии и установок по улавливанию CO₂ на теплоэлектростанциях по итогам нынешнего года увеличатся чуть более чем вдвое. Если в 2022 г. объем капиталовложений в этих сегментах составлял 22 млрд дол. США, то по итогам 2023 г. он достигнет 45 млрд, следует из прогноза Международного энергетического агентства (МЭА), опубликованного в последнем выпуске ежегодника World Energy Investment.

Прирост в процентном выражении составит 108%, что станет рекордом среди всех сегментов мировой энергетики, пусть даже во многом за счет эффекта низкой базы. При этом абсолютный прирост, который достигнет по итогам нынешнего года 23 млрд дол. США, также выглядит внушительным. Например, в сегменте производства энергоресурсов более высокие показатели прироста будут характерны только для добычи нефти и выработки

электроэнергии из возобновляемых источников (ВИЭ), где инвестиции увеличатся на 28 млрд и 63 млрд дол. США соответственно. География инвестиций не ограничится странами ОЭСР, к числу которых относятся в основном развитые экономики Европы, Северной Америки и Восточной Азии: например, в Китае капиталовложения в хранение энергии и улавливание CO₂ вырастут с 9 млрд в 2022 г. до 15 млрд дол. США в 2023 г.

Увеличение инвестиций в этих секторах мировой энергетики напрямую связано с ростом интереса к снижению парниковых выбросов и стремительным развитием ВИЭ, для которых характерна высокая зависимость от погодных условий. По оценке экспертов ассоциации «Глобальная энергия», средняя загрузка ветровых и солнечных генераторов в США в марте 2023 г. составила 41% и 22%, тогда как для газовых электростанций комбинированного цикла (одного из наиболее распространенных видов ТЭС) – 53%, а для атомных электростанций – 89%. Необходимость поддержания энергоснабжения в часы пасмурной и безветренной погоды и стимулирует инвестиции в строительство систем хранения энергии, которые по итогам нынешнего года увеличатся в Северной Америке с 6 млрд до 13 млрд дол. США. В свою очередь, невозможность полного отказа от использования угля в электроэнергетике диктует необходимость внедрения систем улавливания, хранения и утилизации углекислого газа (CCUS).

Драйвером инвестиций остается и развитие новых технологий, расширяющих выбор для промышленных потребителей. Например, для улавливания CO₂ с недавних

Фото из ресурсов «Глобальной энергии»



пор используются не только растворители на аминовой основе, но и металлоорганические каркасы – кристаллические пористые материалы из ионов металлов, которые могут удерживать сторонние вещества, а при изменении температуры и давления – высвобождать их. В свою очередь, для хранения энергии применяются не только литий-ионные аккумуляторы, но и так называемые непроточные цинк-бромные аккумуляторы, которые для получения электрического тока используют химическую реакцию между бромом и цинком, а для обеспечения проводимости – гелиевый раствор бромида цинка. Такие аккумуляторы устойчивы к высоким температурам и не требуют использования специальных противопожарных систем, что выгодно отличает их от литий-ионных накопителей.

Ассоциация по развитию международных исследований и проектов в области энергетики «Глобальная энергия»



Шахта «Большевик» Новой Горной Управляющей Компании запустила новую лаву

В АО «Шахта «Большевик» Новой Горной УК введена в эксплуатацию лава № 29-65. В рамках реализации программы по модернизации производства лава оснащена новым очистным высокопроизводительным механизированным комплексом.



Комплекс состоит из лавного конвейера «Анжера-34» кузбасского производителя «Анжеромаш», 102 секций механизированной крепи и высокопроизводительного очистного комбайна.

Основное достоинство комплекса – он эффективно работает в сложных горно-геологических условиях при углах падения до 45 градусов. Отработка запасов крутонаклонной части пласта № 29а является основным направлением развития горных работ шахты в краткосрочной перспективе. Новое оборудование соответствует самым высоким требованиям промышленной безопасности.

Очистной комплекс позволит добыть 365 тыс. т горной массы в ближайшие три месяца. Всего же с использованием нового оборудования планируется поднять на-гора около 4 млн т угля марки ГЖ.

Пресс-служба
ООО «Новая Горная УК»



УГОЛЬ – КУРЬЕР

ИЮЛЬ
2023

Бюллетень оперативной информации
о ситуации в угольном бизнесе

Угледобывающие регионы

Мировая добыча угля в 2022 г. увеличилась на 7,9%, достигнув 8803,4 млн т. Это является новым историческим максимумом. Прирост добычи составил 643,9 млн т. Таких рекордов мировая угольная отрасль не ставила с 1982 г. **OilCapital.**

Российская Федерация. Добыча угля в РФ за январь-май 2023 г. составила 179 млн т (101,2% к уровню аналогичного периода прошлого года). Каменного угля добыто 140 млн т (98%) (в т.ч. антрацита – 10,9 млн т (101%), коксующегося угля добыто 41,2 млн т (98,6%). Добыча бурых углей за указанный период составила 39,6 млн т (114,6%). **Росстат.**

Кемеровская область. За январь-май 2023 г. добыча угля в Кузбассе составила 91,8 млн т, что на 1,4% ниже, чем годом ранее (93,1 млн т). При этом добыча угля коксующихся марок выросла на 4%, до 28,2 млн т, а энергетических – сократилась на 3,6%, до 63,6 млн т. **Коммерсантъ.**

Чукотский автономный округ. Добыча каменного угля ООО «Берингпромуголь» в регионе в январе-мае 2023 г. составила 595,2 тыс. т. Годом ранее компания добыла за пять месяцев 490 тыс. т. Таким образом, рост показателя в отчетный период составил 21,4%. **PortNews.**

Иркутская область. За 5 месяцев 2023 г. в восточном направлении с территории региона было отгружено 941 тыс. т угля – это на 30% больше, чем за аналогичный период прошлого года. **ИНТЕРФАКС-СИБИРЬ.**

Ростовская область. Угледобывающие компании региона в январе-мае 2023 г. добыли 2,5 млн т угля, что на 8,4% превысило показатель аналогичного периода прошлого года. В регионе сохраняются планы добыть

по итогам 2023 г. 6 млн т угля, что соответствует уровню прошлого года. **ИНТЕРФАКС.**

Государственное регулирование

По требованию Ростехнадзора повторно приостановлена деятельность шахты «Замчаловская» в городе Гуково Ростовской области. Это второй за год подобный случай. В феврале 2023 г. шахта уже была закрыта на 90 суток за аналогичное нарушение. **ИА «ДОН 24».**

ОАО «Российские железные дороги» как минимум до конца этого года будут иметь возможность определять очередность перевозок грузов по сети в рамках действия временных правил. Такое решение приняло правительство, о чем стало известно по итогам заседания правкомиссии по транспорту. **Пресс-служба Правительства РФ.**

Правительство России внесло поправки в полномочия двух государственных ведомств – Министерства природных ресурсов РФ и Федерального агентства по недропользованию (Роснедра). Соответствующее постановление от 13 июня 2023 г. № 970 «О внесении изменений в Положение о Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации и признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов» размещено на официальном сайте правовых актов. **NEDRADV.**

Минфин России не обсуждает повышение НДС (налог на добычу полезных ископаемых) на уголь в четвертом квартале. **ПРАЙМ.**

Новости угольного рынка

Экспорт угля по сети РЖД за январь-май 2023 г. вырос на 2,4% к аналогичному периоду прошлого года и

составил 84,8 млн т. **Пресс-служба ОАО «РЖД».**

Поставки угля из России в Китай и Индию по итогам января-мая выросли к 2022 г., сообщил на полях ПМЭФ замглавы Минэнерго России Сергей Мочальников. **РИА «Новости».**

Российские угольные компании, увеличив предложение на внутреннем рынке, постепенно вытесняют с него казахских трейдеров. Поставки угля из Казахстана в Россию в январе-мае 2023 г. сократились примерно на 16%. **Коммерсантъ.**

Экспорт отечественного энергетического угля оказался на грани рентабельности из-за снижения мировых цен. Экономика поставок через порты Северо-Запада и юга Российской Федерации, откуда преимущественно идут отгрузки в Турцию и Индию, достигла отрицательного уровня в минус 500-2000 руб. за 1 т. Экспорт через порты Дальнего Востока на данный момент еще остается рентабельным, однако с начала календарного года доход от продаж упал в четыре раза – менее чем до 500 руб. за 1 т. Чтобы экспорт продолжал носить безубыточный характер, стоимость топлива должна составлять от 80 до 110 USD/т. **АБН.**

Новости угольных компаний

АО «Стройсервис» (Кузбасс) приобретает 15 самосвалов Sany производства КНР для своих предприятий, сообщается в официальном телеграмм-канале компании. Грузоподъемность каждой машины – 60 т. Технику поставят на предприятия в ближайшее время, она будет задействована для доставки угля из забоя. **АО «Стройсервис».**

Сразу два очистных коллектива шахты «Распадская» Распадской угольной компании (РУК) добыли по 1 млн т угля

из двух забоев с начала 2023 г. Бригады Андрея Киреева и Алексея Воронкова участков № 32 и 17 ведут очистные работы на глубине 500-600 м по двум угольным пластам. Данные лавы введены в эксплуатацию в прошлом году. **«Российский уголь».**

В АО «Шахта «Большевик» Новой Горной УК введена в эксплуатацию лава № 29-65. В рамках реализации программы по модернизации производства лава оснащена новым очистным высокопроизводительным механизированным комплексом, состоящим из лавного конвейера «Анжера-34» кузбасского завода «Анжеромаш», 102 секций механизированной крепи и высокопроизводительного очистного комбайна. Комплекс эффективно работает в сложных горно-геологических условиях при углах падения до 45°. Всего с использованием нового оборудования планируется поднять на-гора около 4 млн т угля марки ГЖ. **«Российский уголь».**

Солнцевский разрез добыл в мае 1,4 млн т угля, поставив рекорд по месячной добыче. Это самый большой показатель за всю историю Сахалинской области. Также рекорд был поставлен по перевозке полезного ископаемого в Угольный морской порт Шахтерск. **EastRussia.**

На шахте им. Лутугина (г. Торез, ЛНР) в конце мая приступили к разработке новой угольной лавы. Ее запасов хватит на два года бесперебойной работы коллектива. **Донецк.**

ООО «Инвест капитал» стало управляющей компанией двух угольных предприятий в Ростовской области – АО «Донской антрацит» и АО «Шахтоуправление «Обуховская». Соответствующие сообщения опубликованы в системе СПАРК. **РБК – Ростов.**

Компания «ЭЛСИ» запустила три дробильно-сортировочных комплекса в Новосибирской области на станции Колыванская: два из них запущены «Разрезом Восточным», один – «Разрезом Колыванским». Максимальная производительность одного ДСК – 465 т в час. Запуск комплексов позволит предприятиям увеличить объем переработки рядового

антрацита на 9 млн т в год. **Пресс-служба «ЭЛСИ».**

ОГК Групп успешно произвела первый взрыв на Кирбинском угольном месторождении – одном из крупнейших в России, разработку которого ведет ООО «Разрез Кирбинский» (входит в АО «Русский Уголь»). Производство взрывных работ на участке ОГК БВР ведет с применением экологичных и безопасных взрывчатых веществ. **Российский уголь.**

Логистика

Угольные компании Кузбасса отмечают значительное снижение погрузки на железной дороге в западном и южном направлении. Об этом сообщил губернатор Кузбасса Сергей Цивилев в ходе заседания комиссии Государственного совета РФ по направлению «Энергетика» в Новокузнецке. **PortNews.**

Кузбасс готов в два раза увеличить экспорт угля в страны ЮВА и государства индийского региона, однако РЖД не обеспечивает необходимых объемов перевозок угля, в частности по Восточному Полигону. **ПРАЙМ.**

В Хакасии расширят возможности железной дороги для перевозки угля. После проведения работ на участке разъезда Кирба появится новая промежуточная железнодорожная станция, позволяющая разместить поезда, состоящие из 71 вагона и более. **Dprom.online.**

На Дальневосточной железной дороге (ДВЖД) в январе-мае 2023 г. погружено 14,3 млн т угля, что на 5,6% больше показателя соответствующего периода 2022 г. Погрузка якутского угля Эльгинского месторождения увеличилась на 2%, достигнув 7,5 млн т. Выросла погрузка и на Ургальском месторождении (Хабаровский край) до 2,9 млн т (+13%). На экспорт отправлено 11,1 млн т дальневосточного угля (+8,4%). **PortNews.**

Вопрос о ситуации с отгрузкой и добычей угля в Кузбассе остается нерешенным – топливо востребовано, но его доставка в нужных объемах невозможна по вине железнодорожни-

ков. Для решения этой было решено создать в Кузбассе логистический центр. Интерес к сотрудничеству проявили три фирмы, с одной из них уже заключено соглашение. **Кузбасс онлайн.**

Российский государственный трест «Арктикуголь», добывающий уголь на норвежском архипелаге Шпицберген, в этом году смог отгрузить на отправку 100 тыс. т угля. В прошлом году из-за введения санкций и ограничений на поставки угля в страны ЕС не удалось вывезти ни одной тонны. **ТАСС.**

Китай предлагает построить трансграничный ж/д коридор из кузбасского Таштагола до Урумчи (КНР) на условиях концессии. Железнодорожный коридор пройдет через Горный Алтай и может стать альтернативным маршрутом доставки угольной и металлургической продукции в страны Азии. Таким образом, может быть создан Южно-центральный полигон (по аналогии с Восточным полигоном), а Кузбасс, возможно, станет транзитным хабом перед Южно-центральный полигоном. **FINMARKET.RU.**

Пропускная способность Восточного полигона к 2032 г. вырастет до 255 млн т. В рамках расширения будет построено 277 объектов капитального строительства, в том числе более 2 тыс. км вторых главных путей (в основном – на БАМе), а также реконструировано более 50 станций. Для строительства Северомуйского, Кодарского и Кузнецовского тоннелей и моста через Амур принята концессионная инициатива, к строительству будут привлечены частные инвесторы. **NEDRADV.**

Компания «Якутуголь» отгружает уголь с разреза «Джебарики-Хая» в рамках летней навигации. отгрузка и транспортировка угля выполняются в адрес предприятий жилищно-коммунального хозяйства северных и центральных районов Якутии в соответствии с утвержденным графиком. Баржи с углем идут по рекам Алдан, Вилюй, Лена и Яна. **ЯСИА.**

Петренко И.Е.

В шахтерских городах Красноярского края стартовал сезон трудовых отрядов СУЭК



В этом году трудовые отряды крупнейшей в России угольной энергетической компании будут работать в Красноярском крае уже в девятнадцатый раз.

Участники трудовых отрядов – это старшеклассники из городов и районов, где работают предприятия СУЭК, – Бородино, Назарово, Шарыпово, Рыбинского и Назаровского районов, Шарыповского муниципального округа. В 2022 г. география проекта в крае расширилась территориями присутствия СГК – это города Минусинск и Канск. В течение летних месяцев ребята будут заниматься благоустройством, помогать ветеранам, проводить социальные акции, спортивные соревнования. Кроме того, в городе Назарово, который в 2023 г. получил статус «Молодежной столицы Красноярского края», трудотрядовцы намерены активно включиться в молодежные мероприятия. Не останутся ребята в стороне и от федеральных событий, таких как экологическая акция #ВодаРоссии, фестиваль энергосбережения #ВместеЯрче и других. Особое место в структуре мероприятий трудовых отрядов СУЭК занимает профориентация – экскурсии на предприятия ТЭК, встречи с передовиками и ветеранами производства.

Проект «Трудовые отряды СУЭК» в Красноярском крае реализуется ежегодно с 2005 г. в сотрудничестве с краевым Агентством труда и занятости населения. Как оценил значимость такой работы со школьниками **руководитель агентства Виктор Новиков**, «корпоративное воспитание и приобщение молодежи к труду – это вклад в будущее компании, формирование кадрового резерва, воспитание у подрастающего поколения трудовых навыков, чувства ответственности и дисциплины, культуры труда. И мы говорим здесь не только о СУЭК, но и обо всей экономике Красноярского края».

Трудовые отряды СУЭК как успешная социальная практика сегодня растиражированы во всех регионах, где представлены предприятия Компании – от Мурманска до Владивостока. За время существования проекта «школу» трудотрядов прошли почти 10 тысяч юношей и девушек, многие вернулись в СУЭК молодыми специалистами. В «копилке» трудовых отрядов – около двух десятков престижных федеральных наград.

«Важно понимать, что все лучшее в жизни достигается трудом. И трудовые отряды СУЭК как раз с самых ранних лет воспитывают в юных гражданах России такую ответственную, созидательную позицию», – подчеркнул **директор по связям и коммуникациям СУЭК Сергей Григорьев**.

Пресс-служба АО «СУЭК»



СУЭК продолжает реализацию «Водной стратегии» в Красноярском крае

Современные сооружения водоотведения и очистки карьерных вод замкнутого цикла, выполненные с использованием наилучших доступных технологий, сейчас проходят процесс пусконаладки на Березовском разрезе. Подобные объекты, но с учетом горно-геологических и технологических особенностей предприятий, появятся также на Назаровском и Бородинском разрезах.

«Для СУЭК производство и экология неразделимы. Именно поэтому было принято решение о совершенствовании на Назаровском разрезе системы очистки карьерных вод, а именно о строительстве сооружений водоотведения и водоочистки. Принципиальная особенность новой системы заключается в том, что после нескольких ступеней очистки – механического отстаивания и обеззараживания – вода будет использоваться для технологических



нужд Назаровской ГРЭС. В настоящее время продолжают устройство траншеи под водовод, укладка труб в траншеи, формирование так называемых «полок» под трубопровод. Один из этапов проекта – предварительная водоподготовка

на стороне разреза, то есть для водоснабжения НГРЭС вода в соответствии с техническими условиями передается более чистая, чем вода из реки. Сейчас проект реализован более чем на 40%», – рассказала **начальник отдела капитального строительства и инвестиций филиала АО «СУЭК-Красноярск» «Разрез Назаровский» Алена Костяная.**

Строящиеся на Назаровском разрезе сооружения – это пример не только экологически ответственного подхода к добыче угля, но и «зеленой» синергии между двумя процессами – добычей угля и выработкой энергии. Объемы карьерной воды, переданные на НГРЭС, будут использованы только в контуре охлаждения оборудования, для этого сейчас используется вода реки. Карьерная вода позволит снизить объемы воды, забираемой из водного объекта, что приведет к равновесию водного баланса реки.

На Бородинском разрезе в настоящий момент идет экспертиза проектной документации сооружений водоочистки. Ввести объекты на Бородинском и Назаровском разрезах планируется в 2024 г.

Пять лет назад СУЭК приняла собственную «Водную стратегию». Основная цель стратегии – оптимизация систем водоотведения горных работ, уменьшение объемов стока, сбрасываемого в водные объекты, и доочистка сбрасываемых карьерных вод до требуемых нормативов, которые отличаются на каждом разрезе.

Пресс-служба АО «СУЭК»



СУЭК вошла в число лидеров Национальной премии «Наш вклад» за активное участие в реализации национальных проектов

Национальная премия «Наш вклад» присуждается за вклад бизнеса и НКО в достижение национальных целей и реализацию национальных проектов. Победителей премии на торжественной церемонии в Москве приветствовал Первый заместитель председателя Правительства России Андрей Белоусов.

Всего в этом году в финал Премии вышли 129 российских компаний. СУЭК стала одним из лидеров Премии, уверенно войдя в первую тройку в категории «Крупный бизнес». При определении результатов оценивались программы СУЭК в сфере экологии (Кокуйское болото; «Инновации для чистого неба»; Экологический марафон «Зубочистка»; совместный проект по сбору макулатуры «Бумбатл»); образования («Академия Карбона»; Трудовые отряды СУЭК; Классы СУЭК; волонтерский десант «Двадцатка добровольцев»); малого и среднего предпринимательства (Школа социального предпринимательства); здравоохранения (Совершенствование системы здравпунктов); жилья и городской среды (грантовый конкурс «Комфортная среда обитания»); демографии («Ветеранские смены» и Профилактическая программа по борьбе с курением); культу-



ры («Культурные чтения. Кузбасс» и «Культурные чтения. Красноярский край»).

Оператор Премии «Наш вклад» – АНО «Национальные приоритеты». Премия – механизм публичного признания вклада бизнеса и НКО в достижение целей и задач национальных проектов. Финалистам Премии, прошедшим тщательный отбор, присваивается статус «Партнер национальных проектов». СУЭК в 2021 г. стала одной из первых российских компаний, удостоенных статуса «Партнер национальных проектов» за вклад в реализацию целей и задач сразу нескольких национальных проектов. Этот статус СУЭК был подтвержден и в текущем году.

Пресс-служба АО «СУЭК»

СУЭК организовала для детей сотрудников юбилейный, тридцатый курс оздоровления в подмосковном санатории «Поляны»

Детский санаторий «Поляны» – уникальный лечебно-реабилитационный центр в Подмосковье, один из ведущих в стране, в 2022 г. стал победителем Всероссийского конкурса «Здравница» в номинации «Лучшая детская здравница».

В мае-июне в «Полянах» отдохнули 77 детей из регионов, где работают предприятия СУЭК, SGK и НТК. Такая возможность им представилась благодаря сотрудничеству санатория и Фонда «СУЭК – РЕГИОНАМ». Ребята с проблемами опорно-двигательного аппарата, ЖКТ, зрения, сердечно-сосудистыми заболеваниями, аллергическими и онкологическими диагнозами поправили здоровье благодаря уникальным клиническим методикам и современному медицинскому оборудованию отделения «Поляны».

Важная часть оздоровительного процесса – познавательная и развлекательная программы: в перерывах между процедурами ребята посетили исторические места Москвы, музеи, парки и другие локации города. На базе самих «Полян» были организованы кинопросмотры, прогулки по «Чудо-парку» и спортивно-развлекательные программы. А 1 июня, в День защиты детей, в «Полянах» состоялся кра-



сочный праздник с участием аниматоров, конкурсами, фейерверками и подарками от Фонда «СУЭК – РЕГИОНАМ».

«Мы знали, куда едет ребенок, какие оздоровительные услуги можно получить в «Полянах», потому что уже прошли та-

кой опыт со старшим сыном, – рассказывает ведущий специалист отдела по персоналу и социальным вопросам Бородинского разреза СУЭК Ирина Рой. – Рады, что удалось получить развернутую консультацию и рекомендации узких специалистов по здоровью дочки. Саму дочку больше всего впечатлили экскурсии: сбылась ее мечта – она побывала в Москве, на Красной площади. Спасибо СУЭК за такие возможности!»

Это уже тридцатый оздоровительный заезд в рамках стартовавшего в 2009 г. проекта по оздоровлению детей сотрудников СУЭК, ребят из социально проблемных семей, из детских домов в лучших медицинских центрах Москвы. За эти годы отдохнуть и поправить здоровье в одном из ведущих медицинских центров страны смогли более 2 000 ребят из регионов России.

Пресс-служба АО «СУЭК»

«Кузбассразрезуголь» представил инновационную технологию ведения взрывных работ для снижения влияния на окружающую среду



КУЗБАССРАЗРЕЗУГОЛЬ

На Кедровском угольном разрезе УК «Кузбассразрезуголь» прошли испытания новой электронной системы инициирования взрывных работ для минимизации экологического воздействия. Инновационная технология разрабатывается в рамках программы устойчивого развития Компании и комплексной научно-технической программы (КНТП) «Чистый уголь – Зеленый Кузбасс».

Современные технологии взрыва



Устаревшие технологии взрыва



Демонстрационные взрывы проведены в присутствии представителей Министерства энергетики РФ, Правительства Кузбасса, Сибирского управления Ростехнадзора, крупнейших угольных компаний, а также ученых, экологов и журналистов.

«Инновационные технологические решения помогают нам сделать взрывные работы максимально безопасными. В сравнении с широко применяемыми сегодня технологиями буровзрывных работ на предприятиях открытой угледобычи новая электронная система инициирования отечественного производства позволяет проводить взрывы, существенно снижая их магнитуду, с минимальным воздействием на окружающую среду, людей и сооружения», – рассказал **технический директор УК «Кузбассразрезуголь» Станислав Матва**.

Снижение воздействия достигается за счет короткозамедленного поочередного взрывания скважин. Благодаря возможности гибкого и точного программирования времени замедления при ведении взрывных работ показатели сейсмического воздействия настолько минимальны, что могут не фиксироваться даже сейсмостанциями. Наряду с этим также снижаются и выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

«Предприятия угольной промышленности Кузбасса активно внедряют в свою работу наилучшие доступные технологии. Это имеет большое значение не только для повышения эффективности угледобычи, но и для формирования положительного имиджа отрасли. Кроме того, очень важно, что предприятия не просто закупили какую-то готовую технологию, а разрабатывают новую, авторскую, в тесном сотрудничестве с кузбасскими учеными. Благодаря этому восстанавливается и укрепляется связь науки и производства», – отметил **заместитель губернатора Кузбасса по топливно-энергетическому комплексу, транспорту и экологии Андрей Панов**.

В рамках научно-технического проекта по разработке технологий экологически сбалансированного ведения горных работ Кузбассразрезуголь совместно с Институтом проблем комплексного освоения недр РАН (участник НОЦ «Кузбасс») проведет цифровую трансформацию буровзрывных работ на угольных разрезах. До 2025 г. планируется разработать программное обеспечение (ПО). С его помощью уже на этапе проектирования буровзрывных работ можно будет провести комплексную оценку их влияния на окружающую среду и выбрать наиболее оптимальную технологию взрыва. Также с использованием систем дистанционного контроля появится возможность проведения цифрового мониторинга сейсмических параметров и выбросов в атмосферу.

Пресс-служба УК «Кузбассразрезуголь»

[XIX] МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ТЕХНОЛОГИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕДР



ufi
Approved
Event

Mining Week

KAZAKHSTAN '2024

25-27 [ИЮНЯ] 2024
КАРАГАНДА · КАЗАХСТАН

ТОО «TNT EXPO»

+7 (727) 344 00 63

mintek@tntexpo.com

www.miningweek.kz



MININGWEEK.KZ

Безопасность превыше всего

Шахта «Южная» (филиал АО «Черниговец») вводит в эксплуатацию модульную дегазационную установку



Для ведения горных работ в зоне с метаноносностью более 9 м³/т в условиях шахты «Южная» к вводу в эксплуатацию готовится установка МДУ-240 RBS отечественного производства. Необходимость модернизации технологического процесса возникла из-за изменившихся нормативных требований.

Новое оборудование предназначено для предварительной и барьерной дегазации разрабатываемых выемочных участков и снижения дебита (постоянного поступления) метана в рудничную атмосферу при ведении горных работ. То есть с его помощью будет выводиться метан, который выделяется из угольных пластов и пород. МДУ используют до начала и во время проведения горных работ, а также в период отработки запасов выемочных участков.

«Ввод в эксплуатацию дегазационной установки является одним из факторов обеспечения безопасных условий труда шахтеров. Кроме того, она позволит обеспечить соблюдение изменившихся нормативных требований и продолжить работы по подготовке и отработке выемочных участков в зонах с повышенной метаноносностью», – говорит главный инженер шахты «Южная» (филиал АО «Черниговец») Дмитрий Пятерикин.

Установка состоит из двух модулей: вакуумирования и управления. В первом расположены четыре ротационных вакуум-насоса, которые извлекают метановоздушную смесь из массива, а также газоанализатор и другая измерительная техника. Во втором модуле находятся электрооборудование, устройство для очистки метановоздушной смеси от воды и механических примесей, а также отсек дежурного оператора.

Производительность установки составляет до 240 куб. м метановоздушной смеси в минуту.

Большинство процессов автоматизировано, работа всех технологических элементов установки требует минимального участия оператора. Данные о всех параметрах работы МДУ автоматически передаются в систему аэрогазового контроля шахты.

Обслуживать МДУ и проводить работы по дегазации массива будут работники нового участка дегазации и профилактических работ по технике безопасности шахты «Южная», который был специально для этого сформирован.

*Управление по социальной работе,
связям с общественностью и СМИ
АО ХК «СДС-Уголь»*

Как бороться с проблемой налипания и примерзания материала

Ключевые слова: TAPP, эффективность, потери, налипание и примерзание горной массы, транспортировка, футеровка Poly-tapp slime (PTS).

Предприятие эффективно* только в том случае, если на каждом производственном этапе осуществляется качественная и бесперебойная работа. Если где-то возникает проблема, это может негативно сказаться на производстве в целом и привести к потерям ценного продукта. Но что, если такие проблемы возникают на нескольких этапах производства?

Предприятия регулярно сталкиваются с проблемой налипания и примерзания горной массы при ее транспортировке, например налипание на ковшах экскаваторов, стенках вагонов и думпкаров, бункеров, течек и других устройств. Особенно остро эта проблема ощущается в осенне-весенний период, когда материал поступает с повышенной влажностью. Еще на этапе погрузки материала экскаватором на стенки ковша налипает в среднем 20% материала от общего объема его вместимости. На стенки и днище карьерных самосвалов и думпкаров налипает и намерзает до 40% от их общего объема, а пропускная способность бункеров может снижаться до 50%. Как следствие: растут часы простоев на очистку налипшего материала, возрастает риск опрокидывания карьерных самосвалов и думпкаров, снижаются производительность и прибыль предприятия. И все эти потери возникают из-за одной проблемы, которую можно решить.

Исходя из опыта реализованных проектов, самым эффективным решением для борьбы с проблемой налипания и примерзания материала является футеровка Poly-tapp slime (PTS).

Предприятие ЦОФ «Печорская» ПАО Северсталь, пыталось справиться с проблемой налипания и примерзания материала на стенки бункера, применяя различные методы, такие как магнитно-импульсный обрушитель, пневмоимпульсные генераторы, футеровка высококачественным полиэтиленом немецкого производства, но применяемые методы не решали проблему. Мы установили



ЛОХОВ Д.С.

Генеральный директор TAPP Group,
308024, г. Белгород, Россия,
e-mail: info@tapp-group.ru



* Эффективность – способность выполнять работу и достигать необходимого или желаемого результата с наименьшей затратой времени и усилий.

футеровку PTS толщиной 40 мм. Она выдерживает удары от кусков материала размером более 400 мм с высоты падения 12 м в бункерах под вагоноопрокидывателями в условиях Крайнего Севера и позволяет предприятию выполнять план без проблем с залипанием и зависанием бункеров, а выгрузку угля удалось поднять на 50%.

Налипание на стенки думпкаров нам также удалось устранить при помощи футеровки PTS. Выгрузка материала из трех зафутерованных думпкаров, площадь каждого из которых составляет 35 м², идет равномерно, без налипания и примерзания, наглядно демонстрируя эффективность используемой защиты. Мы реализовали множество подобных проектов, и все они подтверждают эффективность данной защиты.

Отсутствие адгезии и гладкая поверхность Poly-tapp slime, обеспеченная добавлением специального геля и молекулярным строением, гарантируют низкий коэффициент трения и сводят взаимодействие с абразивными частицами к минимуму. Молекулы материала подвижны и имеют способность изгибаться – это дает им возможность эффективно перераспределять энергию удара по всей своей длине. Все это препятствует вырыванию молекул с поверхности, и абразивный износ проходит очень медленно.

Уже совсем скоро начнется период повышенной влажности и заморозков, в это время налипание и примерзание горной массы будут ощущаться еще сильнее. Не откладывайте решение проблемы на потом, это может привести к потере больших объемов продукта и дополнительным трудозатратам. Свяжитесь с нами, наши эксперты помогут вам оперативно решить любую задачу.



Наши контакты:

тел.: +7 (4722) 23-28-39, +7 (800) 301-27-73
 e-mail: info@tapp-group.ru
 web: www.tapp-group.ru



Наш YouTube-канал:

Две бригады шахты «Распадская» добыли по миллиону тонн угля с начала 2023 г.

Сразу два очистных коллектива шахты «Распадская» Распадской угольной компании (РУК) добыли по одному миллиону тонн угля из двух забоев с начала 2023 г.

Бригады Андрея Киреева и Алексея Воронкова участков № 32 и 17 принимали поздравления от руководителей компании и предприятия. С производственным достижением коллектив шахты поздравил **генеральный директор РУК Владимир Мельниченко**.

Очистные бригады ведут работы на глубине 500-600 м по двум угольным пластам. Данные лавы введены в эксплуатацию в прошлом году. Здесь используется высокопроизводительная техника - смонтированы современные очистные механизированные комплексы и другое горношахтное оборудование.

На шахте «Распадская» активно реализуются программы по промышленной безопасности. Большое внимание уделяется новым технологиям и цифровым проектам, направленным на развитие производства и обеспечение безопасных условий труда.



Все забои оснащены камерами видеонаблюдения. Производится непрерывный видеомониторинг действий работников в подземных выработках при выполнении

технологических операций. Видеоматериал автоматически анализируется с использованием машинного зрения.

На горношахтном оборудовании установлены цифровые системы контроля с датчиками блокировки. Например, проходческие комбайны оборудованы системой отключения работы исполнительного органа комбайна при попадании работника в опасную зону.

Активно разрабатываются цифровые проекты, направленные на эффективный контроль и планирование горных работ. Так, цифровой проект по контролю за куполообразованием позволяет своевременно реагировать на управление кровлей, контролировать рабочие параметры лавы онлайн. Мониторинг проходческих работ помогает точно планировать и контролировать подготовку горных выработок.

*Управление по связям с общественностью
 Распадской угольной компании*

АФЕНДИКОВ Владлен Саввич

(к 85-летию со дня рождения)

6 августа 2023 г. исполняется 85 лет известному специалисту в области новой техники и технологии угольного производства, кандидату экономических наук, Почетному работнику угольной промышленности, Заслуженному шахтеру Российской Федерации, члену Академии горных наук и Академии естественных наук России – Владлену Саввичу Афендикову.



Свою трудовую деятельность Владлен Саввич начал в 1959 г. горнорабочим на одном из старейших предприятий украинского Донбасса на шахте им. Батова (ранее «София») треста «Макеевуголь». После окончания в 1961 г. горного факультета Донецкого политехнического института он был направлен на шахту «Южная» треста «Макеевуголь», где прошел трудовой путь от участкового маркшейдера до главного инженера крупнейшего в угольной отрасли шахтоуправления «Холодная Балка», в состав которого была включена в 1963 г. шахта «Южная».

Сложные горно-геологические условия отработки весьма тонких пластов, напряженная работа, полная отдача умственного труда и физических сил способствовали становлению молодого специалиста, выявили высокие деловые и организаторские способности. По его инициативе совершенствовалась техника и технология отработки весьма тонких, мощностью менее 0,7 м, пластов в условиях шахтоуправления «Холодная Балка», а в последующем на шахтах всего производственного объединения «Макеевуголь», работающих в аналогичных условиях. Были разработаны и внедрены скреперо-струговые установки для выемки тонких пластов сначала с канатными тяговыми органами, изготавливаемые в условиях механических мастерских шахты, а в последующем на их базе более совершенные цепные установки типа УС-2М, серийно изготавливаемые на заводах угольного машиностроения.

Из начинающего трудовую деятельность горного инженера сформировался опытный специалист-технолог угольного производства, и в 1973 г. В.С. Афендиков был назначен начальником горного отдела, затем начальником технического управления комбината «Макеевуголь». В последующем Владлен Саввич работал заместителем директора по производству и заместителем технического директора – главным инженером по технологии, механизации и перспективному развитию производственного объединения «Макеевуголь».

За период работы в аппарате объединения Владлен Саввич проявил себя как грамотный инженер и инициативный организатор, обладающий высокими деловыми качествами и необходимой теоретической подготовкой. Хорошо зная угольное производство, грамотно и своевременно решая сложные вопросы, он активно способствовал внедрению на предприятиях объединения эффективных предложений и мероприятий, направленных на улучшение технико-экономических показателей и повышение эффективности работы предприятий объединения.

В 1984 г. приказом министра угольной промышленности он был назначен начальником отдела анализа и технического развития, а в 1988 г. – заместителем начальника Главного научно-технического управления Минуглепрома СССР. Работая в центральном аппарате, он непосредственно осуществлял глубокий анализ деятельности отечественных и зарубежных угольных предприятий, разработку эффективных мероприятий и предложений, направленных на техническое совершенствование угольного производства, оказывал практическую помощь в их внедрении на предприятиях отрасли.

В 2004 г. Владлена Саввича назначили заместителем генерального директора, а в 2013 г. – консультантом ЗАО «Производственная компания «Кузбасстрансуголь». В настоящее время он на заслуженном отдыхе.

За долготелый плодотворный труд, личный вклад в повышение эффективности работы угольной отрасли, разработку научно-технических программ по основным направлениям развития производства, создание новой техники и технологии, практическое содействие в их реализации Владлен Саввич Афендиков награжден знаком «Шахтерская слава» всех трех степеней, Золотым знаком «Горняк России», Почетной грамотой Министерства угольной промышленности, ему присвоены звания «Почетный работник угольной промышленности» и «Заслуженный шахтер Российской Федерации».

Горная и научная общественность, друзья и коллеги по работе, редколлегия и редакция журнала «Уголь» сердечно поздравляют Владлена Саввича Афендикова с юбилеем, желают ему крепкого здоровья, благополучия в семье, неиссякаемого оптимизма и жизнелюбия!

Проблемы адаптации угольной отрасли России к перспективе декарбонизации мировой экономики

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-20-24>

ОСОКИНА Н.В.

Доктор экон. наук, профессор,
профессор кафедры экономики
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: onv.eti@kuzstu.ru

ЖЕРНОВ Е.Е.

Канд. экон. наук, доцент,
заведующий кафедрой экономики
КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: zhee.eti@kuzstu.ru

Предметом исследования в данной статье является адаптация угольной промышленности Российской Федерации к перспективе декарбонизации мировой экономики. Методы исследования – мир-системный анализ, статистический анализ. Объявленный странами так называемого «коллективного Запада» отказ от угля как якобы грязного топлива создает угрозу работе отечественной угольной отрасли. В статье предпринята попытка дать ответ на закономерный вопрос: насколько объективна в современных геополитических условиях выдвинутая Западом повестка декарбонизации экономики? Для этого выполнен анализ мирового рынка угля в части экспортной квоты и доходов угольной отрасли России, акцентирована связь с высокой концентрацией периферийного капитала угольной отрасли страны для ее политико-технологического и экономического суверенитетов. Сделан вывод о необходимости замены либерального режима накопления капитала новой экологически чистой экономикой, а также разработки Россией самостоятельной политики декарбонизации.

Ключевые слова: мировой рынок угля, парадигма низкоуглеродного развития, трансграничное углеродное регулирование, периферийный капитал, ядровый капитал.

Для цитирования: Осокина Н.В., Жернов Е.Е. Проблемы адаптации угольной отрасли России к перспективе декарбонизации мировой экономики // Уголь. 2023. № 7. С. 20-24. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-20-24>.

ВВЕДЕНИЕ

Термин «декарбонизация», предполагающий отказ от такого энергетического источника, как уголь, в последнее время получил широкое распространение. С 2020 г. вступило в силу Парижское соглашение, регулирующее действия стран мира по снижению выбросов углекислого газа в атмосферу для сдерживания роста глобальной средней температуры. Указом Президента РФ от 04.11.2020 № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов» по обязательствам Парижского соглашения Россия должна обеспечить к 2030 г. сокращение выбросов парниковых газов на 70% (относительно уровня 1990 г.), принимая во внимание максимально возможную поглощающую способность лесов и иных экосистем, а также разработать с учетом особенностей отраслей экономики Стратегию социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. [1]. Добыча угля осуществляется более чем в 20 регионах РФ, и безусловное лидерство принадлежит Кузбассу – свыше 50% добываемого угля и 74-75% экспорта угля.

На климатическом саммите в Глазго в 2021 г. рассматривалась необходимость ввода парадигмы низкоуглеродного развития, включающей концепции

технологического и энергетического переходов. Принята дорожная карта Европейской комиссии по продвижению к низкоуглеродной экономике до 2050 г. Европейский Союз заявил о введении трансграничного углеродного регулирования (ТУР) – механизма компенсирования углеродного следа, образующегося при производстве продуктов, экспортируемых в ЕС, путем прямых выплат со стороны экспортера в европейскую казну. При этом не будет учитываться «улавливание» парниковых газов лесными экосистемами России [2, с. 58].

Все это означает серьезные риски для российских производителей и экспортеров угля, а также роста российской экономики в целом. По некоторым оценкам, в случае полноценного бойкота российского ископаемого топлива российская экономика будет испытывать сжатие ВВП до 21% [3, с. 74].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Выделяются три трактовки понятия «декарбонизация»: 1) снижение углеродной интенсивности в энергопотреблении; 2) сокращение выбросов CO₂; 3) трансформация экономики, направленная на процесс снижения CO₂ или выбросов парниковых газов. Среди ученых сложились два подхода к рассмотрению политики декарбонизации. Первый – безоговорочное признание требований перехода к «зеленой» безуглеродной экономике. Согласно ему применение энергии, поступающей от возобновляемых источников с нулевым уровнем выбросов, является единственным путем решения экологических проблем для большинства стран мира [4, с. 50]. Низкоуглеродная экономика рассматривается как основа «зеленой экономики» и модель экономики будущего [5, с. 11]. Есть предложения сделать систему контроля выбросов CO₂ российской национальной идеей [2].

Другая точка зрения исходит из того, что в настоящее время уголь был и остается главным энергоносителем [6, 7, 8, 10, 11]. Альтернативные источники энергии отнюдь не являются экологически безопасными или хотя бы нейтральными. Например, имеются существенные негативные последствия производства ветровой энергии: гибель птиц и животных, необходимость изъятия из природы для их действия больших площадей, потребность в большом количестве для их производства полезных ископаемых, переработка которых дает значительные выбросы токсичных отходов, несовершенство технологий изготовления ветряных станций, обуславливающее малый срок их службы и недостаточную эффективность и т.д.

Встает вопрос: насколько объективна западная повестка обезуглероживания экономики и насколько она политизирована?

В настоящее время мировая экономика переживает завершение четвертого системного цикла капиталистического накопления (СЦНК) [9, с. 44-45]. Наступает терминальный кризис, означающий конец гегемонии США. Началась закономерная для завершения СЦНК фаза военной борьбы, в которой страны «Большой семерки» воюют против России вооруженными силами Украины. На первый план выходит объективная необходимость замены либе-

рального режима накопления капитала новой экономикой с экологически чистым развитием и снижением бедности.

Новая парадигма мировой экономики не может формироваться вне сферы факторов мировой политики. США, осуществляя борьбу за продление своей гегемонии, вместе со своими союзниками стремятся руководить этим процессом. Не случайно в мае 2020 г. перед запланированным, но состоявшимся позже, климатическим саммитом в Глазго принцем Уэльским Чарльзом и директором ВЭФ Клаусом Швабом была озвучена «Великая перезагрузка», в которой цены за выбросы углерода были упомянуты как способ достижения устойчивости мирового развития. Эксперты расценивают «Великую перезагрузку» как план, целью которого является создание единого мирового правительства, наблюдающего за климатическим порядком по всей планете и таким образом осуществляющего новое перераспределение мирового богатства с помощью климатической политики [10]. Система ТУР ЕС явно нацелена на получение максимальной прибыли от введения новых мер для восстановления собственной экономики после коронавируса [2, с. 59].

Естественно предположить, что если новый климатический порядок под руководством США будет установлен, то нет никаких гарантий, что его будут соблюдать сами США, так же, как они не соблюдают принципов ВТО, если это противоречит национальным интересам Штатов.

Очевидно, что цель снижения выбросов не должна иметь самодовлеющее значение. Необходима политика декарбонизации, обеспечивающая снижение выбросов углерода, однако не наносящая при этом сильного тормозящего эффекта экономическому росту [11, с. 45]. В разработке политики декарбонизации необходим отказ от стереотипов, особенно навязываемых извне. Следует учитывать индивидуальные особенности страны и территории и метод сопоставления затрат и результатов в процессе сокращения выбросов CO₂.

Россия обладает уникальными условиями природно-географического и социально-экономического развития. Нередко замечают, что климат в РФ такой же, как в Канаде, но энергоемкость экономики в ней выше [2, с. 58]. Но не стоит забывать, что население в Канаде сконцентрировано в узкой полосе вдоль границы с США, в благоприятных климатических зонах, примерно соответствующих климату Ростовской области и Краснодарского края, которые совсем не похожи на большую часть территории РФ.

Мировой рынок угля является высококонкурентным. В десятку крупнейших мировых экспортеров угля входят (по убыванию): Австралия, Индонезия, Россия, США, ЮАР, Колумбия, Канада, Монголия, Казахстан, Филиппины. На международном рынке на долю России приходится около 15%. Десятку крупнейших импортеров российского угля в 2021 г. составляют Китай, Турция, Япония, Кипр, Индия, Южная Корея, Швейцария, ОАЭ, Великобритания, Гонконг (Китай) [12, с. 7, 14, 15].

Враждебные действия западных «партнеров» перекраивают мировой рынок угля. До отказа ЕС от российского угля на Европу приходилось 35% угольного экспорта компаний РФ. Главными их конкурентами являлись компании США, которые реализовывали в ЕС 28% своего угля,

Экспортная квота и доходы от экспорта в угольной отрасли в 2012-2021 гг.
Export quota and export revenues in the coal sector in 2012-2021.

Годы	Добыча угля, млн т*	Экспорт угля, млн т**	Экспортная квота, %	Доходы от экспорта угля, млрд дол. США***	Средний доход от 1 т угля, дол. США
2012	357,6	131,8	36,8	13,09	99,317
2013	353,7	140,8	39,8	11,91	84,588
2014	356,1	155,6	43,6	11,76	75,578
2015	372,7	156,0	43,9	9,61	61,603
2016	385,4	171,4	44,4	9,07	52,917
2017	411,4	190,1	46,2	13,92	73,225
2018	440,2	199,5	45,3	17,03	85,363
2019	439,4	205,4	46,7	15,99	77,848
2020	398,3	199,1	49,9	12,39	62,230
2021	432,0	210,5	48,6	17,56	83,420

* Добыча угля в России: 1991-2022 гг. [Электронный ресурс]. URL: <http://global-finances.ru/dobycha-uglya-v-rossii-po-godam/> (дата обращения 14.02.2023).

** Экспорт угля из России по годам, данные ЦДУ ТЭК и ФТС РФ [Электронный ресурс]. URL: <http://global-finances.ru/eksport-uglya-iz-rossii-po-godam/> (дата обращения 14.02.2023).

*** Доходы России от экспорта угля, данные ЦДУ ТЭК и ФТС РФ [Электронный ресурс]. URL: <http://global-finances.ru/eksport-uglya-iz-rossii-po-godam/> (дата обращения 13.02.2023).

и Польши. Компании США являются конкурентами России и на азиатском рынке – доля Китая составляет в их экспорте 14%, Индии – 16%, Японии – 12% [6, с. 34-35]. На направлении экспорта в Китай РФ также конкурирует с Индонезией, в 2022 г. став вторым крупнейшим поставщиком угля, а до 2020 г. конкурировала и с Австралией. Возможно и возобновление этой конкуренции, если КНР аннулирует свой отказ от торговли с Австралией 2020 г.

Динамика экспортной квоты и доходы от экспорта в угольной отрасли представлены в табл. 1¹. Добыча угля достигла исторического максимума в 2018 г. Очевидна тенденция к росту экспортной квоты. Доходы от экспорта угля характеризуются высокой волатильностью. Это рынок ценовой конкуренции, которая дополнительно обострена из-за санкционных и иных ограничений. Российские экспортеры энергетического угля продают топливо с дисконтом до 70%, а коксующегося угля – со скидкой примерно в 40% [13].

Еще один аспект международной торговли углем – это связь с высокой концентрацией периферийного капитала в угольной отрасли. Ни один из видов деятельности сам по себе не является ядровым или периферийным. Однако во всех видах глобальных товарных цепочек имеется тенденция к выделению зон, в которых конкуренция вытесняется монополией – деятельность ядрового типа и функционирование ядрового капитала, и зон, в которых конкуренция сохраняется – деятельность периферийного типа и функционирование периферийного капитала [14, с. 17]. Ядровый капитал обладает способностью передвигать конкуренцию в другие звенья товарной цепи и таким образом получать высший по сравнению с ними уровень вознаграждения от международного разделения труда. Наибольшим количеством звеньев отличаются гло-

бальные цепочки телекоммуникационного оборудования, металлургия, автомобильная, легкая и электротехническая промышленность, самая короткая цепочка характерна для добывающей промышленности [15, с. 9].

Поскольку продажа сырьевых ресурсов за рубеж составляет около 70% российского ВВП, можно заключить, что сфера деятельности периферийного капитала в национальной экономике весьма высока. Имеет место «периферизация промышленного развития» [16], что негативно влияет на экономический рост. В табл. 2 представлена динамика доли российского валового внутреннего продукта в мировом ВВП, в которой просматривается тенденция к снижению². Очевидно, что уменьшение доли страны в мировом хозяйстве не может не оказывать отрицательного воздействия на ее политико-технологический суверенитет.

Хотя маневрирование ценами и низкая себестоимость производства российского угля и позволяют собственникам угольных компаний получать прибыль, стратегическая выгода дальнейшего наращивания экспорта угля для устойчивого развития страны, осуществляющей распродажу своих природных ресурсов, проблематична. Повестка декарбонизации экономики в той или иной форме вряд ли уйдет из международной экономической политики. Кроме ограничений, связанных с ней и продолжающейся политикой антироссийских санкций, наращиванию объема внешнего рынка угля будут препятствовать имеющиеся у восточных покупателей планы по увеличению собственного угольного производства. Разворот торговли на Восток сам по себе не изменит инерционность структуры российского экспорта, имеющего периферийный характер.

В соответствии с перспективой перехода к индустрии 4.0 стране необходимо уходить от статуса миро-

¹ Составлено и рассчитано авторами по нижеуказанным данным (сноски не включены в общий список литературы).

² Таблица составлена и рассчитана авторами по нижеуказанным данным.

ВВП России и мира в текущих ценах 2012-2021 гг.
 Russian and world GDP in current prices for 2012-2021

Годы	ВВП мира в млрд дол. США*	ВВП РФ в млрд дол. США**	Доля России в мировом ВВП, %
2012	75565,9	2208,3	2,9
2013	77896,8	2292,5	2,9
2014	79891,6	2059,2	2,5
2015	75239,0	1363,5	1,8
2016	76464,7	1276,8	1,6
2017	81350,5	1574,2	1,9
2018	86530,4	1657,3	1,9
2019	87796,3	1893,1	2,1
2020	85731,1	1489,4	1,7
2021	97675,3	1778,8	1,8

* ВВП мира 1970-2021 гг. [Электронный ресурс]. URL: <https://be5.biz/makroekonomika/gdp/world.html#main> (дата обращения: 15.06.2023).

** ВВП России, 1990-2021 гг. [Электронный ресурс]. URL: <https://be5.biz/makroekonomika/gdp/ru.html#main> (дата обращения 15.06.2023).

вого поставщика сырья, в особенности тем государствам, которые открыто проявляют к ней свое недружественное отношение. Прогрессивным является курс на увеличение внутреннего потребления угля в процессе его глубокой переработки. Губернатор Кузбасса Сергей Цивилев подтверждает, что регион уходит от статуса сырьевой области, ставка сделана на науку в угольной отрасли [17].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Текущее состояние мировой экономики, характеризующееся ростом неопределенности в международных экономических отношениях, является не лучшим моментом в решении глобальных проблем, требующих совместных, согласованных и направленных на достижение общего блага действий стран мирового сообщества. Создание международных организаций, обладающих правами регулирования процессов декарбонизации мировой экономики, нецелесообразно. Преждевременны меры политики декарбонизации, ориентирующиеся на требования и стандарты западных акторов мирового рынка, с которыми Россия фактически находится в состоянии гибридной войны. Национальные стратегии по реализации программы обезуглероживания экономики и обеспечения экологически чистой природной среды должны быть строго индивидуализированы, что и осуществляют на практике крупнейшие суверенные страны. Они должны быть вписаны в общую стратегию индустриализации и модернизации российской экономики. Необходимо ориентироваться на комфортность проживания собственных граждан, требующую повышения доступности тепла и света. Стратегия социально-экономического развития России до 2050 г. должна разрабатываться с акцентом на сбережение и внутреннее потребление перерабатываемых угольных ресурсов.

Список литературы

1. Указ Президента Российской Федерации от 04.11.2020 № 666. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45990> (дата обращения: 15.06.2023).
2. Канищев М. Система контроля выбросов CO₂ как национальная идея // Энергетическая политика. 2021. № 9. С. 56-74.
3. Стратегии и перспективы промышленного развития России и Европы в условиях санкций и низкоуглеродной экономики / П.В. Симонин, Н.М. Фоменко, О.А. Аничкина и др. // Уголь. 2022. № 12. С. 72-77. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-72-77.
4. Глебова А.Г., Данеева Ю.О. Адаптация российской энергетики к декарбонизации мировой экономики // Экономика. Налоги. Право. 2021. № 14. С. 48-55.
5. Белик И.С., Стародубец Н.В., Майорова Т.В., Ячменева А.И. Механизмы реализации концепции низкоуглеродного развития экономики: монография. Уфа: Омега Сайнс, 2016. 119 с.
6. Апалькова Т.Г., Левченко К.Г. Основные тенденции мирового рынка угля в краткосрочной перспективе // Уголь. 2022. № 11. С. 32-37. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-32-37.
7. Петров И.В., Уткин И.И., Джайянт В.Б. Предложения по декарбонизации угольной промышленности и устойчивому развитию обособленных регионов на основе подземной газификации углей // Уголь. 2022. № 9. С. 41-47. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-41-47.
8. Арриги Дж. Долгий двадцатый век: Деньги, власть и истоки нашего времени / Пер. с англ. А. Смирнова и Н. Эдельмана. М.: Территория будущего, 2006. 472 с.
9. Катасонов В. «Великая перезагрузка» и декарбонизация мировой экономики: Москва и Пекин могут «обнулить» климатические амбиции Байдена // ЗАВТРА. 12 апреля 2021 г.
10. Сухарев О.С. Экономический рост и политика декарбонизации // Проблемы рыночной экономики. 2022. № 1. С. 43-57.
11. Петренко И.Е. Итоги работы угольной промышленности России за январь-сентябрь 2022 года // Уголь. 2022. № 12. С. 7-21. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-7-21.
12. Тайкетаев Н. Нынешние цены на уголь позволяют его российским производителям сохранить прибыль. [Электронный ресурс]. URL: https://ratings.ru/files/research/opinion/2022/NCR_Russian_Coal_Aug2022.pdf (дата обращения: 15.06.2023).
13. Синцова Н. МЭА ожидает снижения экспорта угля из России до 2025 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2022/12/16/955761-snizheniya-eksporta-uglya> (дата обращения: 15.06.2023).
14. Arrighi G., Drangel J. The stratification of the world-economy: An exploration of the semiperipheral zone // Review. Binghamton (N.Y.). 1986. Vol. 10. № 1. P. 10-74.

15. Кондратьев В. Мировая экономика как система глобальных цепочек стоимости // Мировая экономика и международные отношения. 2015. № 3. С. 5-17.
16. Osokina N. The role of Kuzbass in the new strategy of socio-economic development of Russia in the fourth system cycle of capitalist accumulation: the world-system analysis / E3S Web of Conferences. 2018. Vol. 41. IIIrd International Innovative Mining Symposium.
17. Федеральные эксперты: губернатор Кузбасса демонстрирует современное видение перспектив угольной отрасли. [Электронный ресурс]. URL: <https://kuzbass85.ru/2022/10/13/federalnye-eksperty-gubernator-kuzbassa-demonstriruet-sovremennoe-videnie-perspektiv-ugolnoj-otrasli/> (дата обращения: 15.06.2023).

ECONOMICS

Original Paper

UDC 338.97:658.8 © N.V. Osokina, E.E. Zhernov, 2023

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 7, pp. 20-24

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-20-24>

Title

CHALLENGES OF ADAPTING RUSSIA'S COAL INDUSTRY IN THE CONTEXT OF GLOBAL ECONOMIC CARBONIZATION

Authors

Osokina N.V.¹, Zhernov E.E.¹¹T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (KuzSTU), Kemerovo, 650000, Russian Federation

Authors Information

Osokina N.V., Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of Department of Economics, e-mail: onv.eti@kuzstu.ru
Zhernov E.E., PhD (Economic), Associate Professor, Head of Department of Economics, e-mail: zhee.eti@kuzstu.ru

Abstract

The subject of the research presented in this article is the adaptation of the Russian coal industry in the context of global economy carbonization perspectives. The research methods included the world-system analysis, statistical analysis, the declaration to abandon coal as an allegedly dirty fuel by the countries of the so-called «Collective West» threatens the performance of the domestic coal industry. The article attempts to provide an answer to the legitimate question of how objective the Western agenda of decarbonization of the economy is in the current geopolitical situation. For this purpose, an analysis of the world coal market in terms of export quota and revenues of Russia's coal industry is made and the relationship between the high concentration of peripheral capital of the country's coal industry and its political, technological and economic sovereignty is emphasized. A conclusion is made that the liberal capital accumulation regime should be replaced by the new green economy, and that Russia needs to develop an indigenous decarbonization policy.

Keywords

Global coal market, Low-carbon development paradigm, Cross-border carbon regulation, Peripheral capital, Core capital.

References

- Decree of the President of the Russian Federation No. 666 as of November 04, 2020. [Electronic resource]. Available at: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45990> (accessed 15.06.2023).
- Kanischev M. The system for controlling CO₂ emissions as a national idea. *Energeticheskaya politika*, 2021, (9), pp. 56-74. (In Russ.).
- Simonin P.V., Fomenko N.M., Anichkina O.A. & Kuznetsov Yu.V. Strategies and prospects for industrial development of Russia and Europe in conditions of sanctions and low-carbon economy. *Ugol*, 2022, (12), pp. 72-77. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-72-77.
- Glebova A.G. & Daneyeva Yu.O. Adaptation of the Russian energy sector to decarbonization of the global economy. *Ekonomika, nalogi, pravo*, 2021, (14), pp. 48-55. (In Russ.). (In Russ.).
- Belik I.S., Starodubets N.V., Mayorova T.V. & Yachmeneva A.I. Implementation mechanisms of the low-carbon concept of economic development: a monograph. Ufa, Omega Science Publ., 2016, 119 p. (In Russ.).
- Apal'kova T.G. & Levchenko K.G. Major trends in the global coal market in the short term. *Ugol*, 2022, (11), pp. 32-37. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-32-37.
- Petrov I.V., Utkin I.I. & Jayant V.B. Proposals for decarbonization of the coal industry and sustainable development of isolated regions based on underground coal gasification. *Ugol*, 2022, (9), pp. 41-47. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-9-41-47.
- Giovanni Arrighi. The Long Twentieth Century: Money, Power and the Origins of Our Times / Translated from English by A. Smirnov and N. Edelman, Moscow, Territoriya Budushego Publ., 2006, 472 p. (In Russ.).
- Katsonov V. The Great Reset and decarbonization of the global economy: Moscow and Beijing can “nullify” Biden’s climate ambitions. *ZAVTRA*, April 12, 2021. (In Russ.).
- Sukharev O.S. Economic growth and the decarbonization policy. *Problemy rynochnoj ekonomiki*, 2022, (1), pp. 43-57. (In Russ.).
- Petrenko I.E. Russia's coal industry performance for January – September, 2022. *Ugol*, 2022, (12), pp. 7-21. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-12-7-21.
- Tayketaev N. Current coal prices will allow its Russian producers to maintain profitability. [Electronic resource]. Available at: https://ratings.ru/files/research/opinion/2022/NCR_Russian_Coal_Aug2022.pdf (accessed 15.06.2023).
- Sintsova N. IEA expects coal exports from Russia to decline by 2025. [Electronic resource]. Available at: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2022/12/16/955761-snizheniya-eksporta-uglya> (accessed 15.06.2023).
- Arrighi G. & Drangel J. The stratification of the world-economy: An exploration of the semiperipheral zone // Review. Binghamton (N.Y.). 1986. Vol. 10. № 1. P. 10-74.
- Kondratyev V. World economy as a system of global value chains. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya*, 2015, (3), pp. 5-17. (In Russ.).
- Osokina N. The role of Kuzbass in the new strategy of socio-economic development of Russia in the fourth system cycle of capitalist accumulation: the world-system analysis. E3S Web of Conferences, 2018, (41). IIIrd International Innovative Mining Symposium.
- Federal experts: Kuzbass governor demonstrates modern vision of coal industry prospects. [Electronic resource]. Available at: <https://kuzbass85.ru/2022/10/13/federalnye-eksperty-gubernator-kuzbassa-demonstriruet-sovremennoe-videnie-perspektiv-ugolnoj-otrasli/> (accessed 15.06.2023).

For citation

Osokina N.V. & Zhernov E.E. Challenges of adapting Russia's coal industry in the context of global economic carbonization. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 20-24. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-20-24.

Paper info

Received March 14, 2023

Reviewed June 14, 2023

Accepted June 26, 2023

Общие задачи проектов по программе DBA НИТУ МИСИС

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-25-30>

Экономике современной России нужны креативные предприниматели крупного бизнеса, способные организовать новые точки роста национальной экономики в условиях санкционных ограничений и кризиса западной системы управления. Приоритетом их работы является разработка национальных проектов, принятых руководством России на долгосрочную перспективу. Выпускники программы DBA Горного института НИТУ МИСИС не дублируют утвержденные правительством программы, а находят свободные ниши и формируют свои крупные бизнес-проекты в сотрудничестве с аффилированными субъектами малого и среднего бизнеса в региональных точках роста экономического развития. При этом они эффективно используют горно-сырьевые и другие ресурсные факторы регионов России, стран ЕАЭС, а также дружественных стран мира как в режиме кооперации, так и в режиме мобилизационной экономики.

Ключевые слова: обучение DBA в России и странах ЕАЭС, бизнес-стратегия, трансформация делового мира.

Для цитирования: Пономарев В.П., Пучков А.Л. Общие задачи проектов по программе DBA НИТУ МИСИС // Уголь. 2023. № 7. С. 25-30. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-25-30.

ПОНОМАРЕВ В.П.

Доктор экон. наук, профессор,
приглашенный профессор, председатель АК
по программам MBA MINING&METALS и DBA IN TECH
Горного института НИТУ МИСИС,
119048, г. Москва, Россия

ПУЧКОВ А.Л.

Канд. экон. наук, доцент MBA,
директор Центра развития
передовых компетенций
отраслевых лидеров
НИТУ МИСИС,
119048, г. Москва, Россия,
e-mail: mbamining.alexey1@yandex.ru

СУТЬ ПРОБЛЕМЫ

В 2020-х годах Россия переживает трудный этап выхода из экономической и политической зависимости от США и стран ЕС на самодостаточный путь развития, который сопровождается военной спецоперацией России.

Этот исторический процесс сопровождается жесткими санкциями США и стран коллективного Запада по отношению к субъектам экономики России и стране в целом. Противоядием от этой враждебной политики служит мобилизация экономики и всего общества России по переходу на новые условия жизнедеятельности как за счет мобилизации потенциала автономного развития, так и за счет прагматичной международной деятельности в многополярном мире дружественных, нейтральных и недружественных стран.

Президент России В.В. Путин и его команда правительственных, силовых и правовых органов, разработали ряд стратегических документов, определяющих основные направления национального развития на период до 2030 года [1, 2].

При этом из-за отсутствия иной была использована действующая методология морально устаревшего англо-саксонского

неолиберального образца, адаптированная к задачам перехода страны на экономику смешанного планово-рыночного типа. Поэтому стратегические цели были определены экспертным путем как долгосрочные национальные приоритеты по основным направлениям социально-экономического развития России на период до 2030 г., а план их достижения прописан по группам ключевых индикаторов, но без «декомпозиции» оценок их влияния на главный критерий эффективности, коим является рост ВВП.

Для решения названной нетривиальной проблемы настоятельно требуется разработка новой научно обоснованной методологии стратегического планирования и прогнозирования социально-экономического развития, основанной на концепции нового экономического мышления, соответствующего многополярному и полиморфному миру 21 века.

Обанкротившаяся доктрина неолиберального развития, разработанная Западной цивилизацией со своих однополярных позиций, должна быть переосмыслена и развита российскими учеными и практиками в соответствии с новыми реальностями и поставленными стратегическими целями.

В этом творческом процессе существенную роль должны сыграть специалисты делового администрирования нового уровня, которые проходят подготовку по программам DBA в РАНХ и ГС, а также других базовых университетах, в том числе в НИТУ МИСИС, где с 2013 г. проводятся актуальные исследования по разработке нового экономического мышления в виде Антропологической политэкономии [3]. АП-теория основана на синтезе натурально-стоимостной модели воспроизводства капитала Карла Маркса [4] и рыночно-ценностной модели Австрийской школы экономики Карла Менгера [5], Ойгена фон Бем-Баверка [6], Людвиг фон Мизеса [7].

В результате нами построена универсальная система конструирования на базе официальной статистики, балансовой модели большой экономической системы от национальной экономики до мировой экономики в целом. Эта система нами условно названа «Digital mankind», имея в виду, что она может служить базовым инструментом мониторинга и регулирования реальных экономических систем. Слушатели программы знакомятся с этой системой и используют ее для выявления крупных структурных диспропорций в реальных системах, которые затем принимают за «темы» своих стратегических бизнес-проектов.

РЕАЛИЗАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ В РОССИИ

Выполнение национальных проектов в России осуществляется по-разному, но везде с большими трудностями кадрового, организационного и общего социально-экономического плана.

Указом Президента России № 474 от 21 июля 2020 г. определены пять национальных целей развития [1]:

- сохранение населения, здоровье и благополучие людей;
- возможности для самореализации и развития талантов;
- комфортная и безопасная среда для жизни;

- достойный, эффективный труд и успешное предпринимательство;
- цифровая трансформация.

Пути достижения этих целей прописаны в Едином плане развития РФ, разработанном Правительством РФ [2], который, по сути, является дорожной картой трансформации России из общества индустриального типа в общество информационного типа. В этом плане прописана «декомпозиция» ключевых индикаторов по субъектам Российской Федерации, но нет аналогичной «декомпозиции» по динамике валового внутреннего продукта в сквозном региональном, отраслевом и факторном разрезе. Это делает невозможным осуществление непрерывного активного мониторинга хода выполнения программ по совокупному экономическому эффекту прироста ВВП именно за счет этих программ.

Сквозной связи между реальными событиями и запланированными проектными эффектами сегодня нет из-за отсутствия методологии сквозных расчетов. Существенная трудность этой проблемы связана с малой чувствительностью реальной экономической системы к эффектам от реализации «крупных» бизнес-проектов, которые на самом деле проявляются не на годовом или пятилетнем уровне, а накапливаются на более длинных временных интервалах с дополнениями синергетических эффектов социальной сети.

Отсюда вытекает актуальная задача наших совместных исследований: разработать макроэкономическую модель национальной экономики для целей стратегического прогнозирования и планирования экономического развития с декомпозицией по отдельным крупным бизнес-проектам.

Так случилось, что наши внутривузовские поисковые исследования по Антропологической политэкономии, выполняемые в экспериментальном порядке по программе MBA MINING&METALS НИТУ МИСИС, содержательно совпали с пятью стратегическими целями, названными в Указе Президента России № 474 от 21 июля 2020 года. Это вдохновляет нас на продолжение данных исследований в формате новой программы DBA с подключением слушателей к выполнению своих проектов, с учетом полученного нами теоретического задела по новому экономическому мышлению.

Нас не смущают гуманитарная специфика и «госплановский замах» при постановке народнохозяйственной проблемы из общей теории экономики, так как мы знаем, что новое всегда рождается на стыке наук. Кроме того, как утверждают исследователи эвристических процессов, социально значимые открытия делают не узкие специалисты, а «сторонние» наблюдатели. Главное, чтобы они делали это на фундаментальной базе научных знаний и с помощью верифицируемых методов подтверждения истинности практикой. Так мы стремимся поступать и в данном случае.

ОБЩАЯ ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В терминах концепции Антропологической политэкономии названные в Указе Президента РФ № 474 цели содержательно соответствуют факторам-капиталам математической модели экономики России:

- человеческий капитал (Ч);
- социальный капитал (С);
- природный капитал (П);
- предпринимательский капитал (К);
- технологический капитал (Т).

Эти политэкономические категории мы находим у разных авторов: Беккер [8], Бурдые [9], Констанца [10], Маркс [4], Шанг [11] и др.

Критерием эффективности капитальных вложений в развитие факторов-капиталов, как известно, является рост производства валового внутреннего продукта Y .

Все пять целей национального развития в формате факторов производства прямо или косвенно влияют на объем произведенного Y , что мы можем записать в виде базовой формулы (1):

$$Y = F_1(\text{Ч}, \text{К}, \text{С}, \text{Т}, \text{П}). \quad (1)$$

Однако не все факторы имеют непосредственное влияние на Y . Так, новые технологии и техника T непосредственно влияют на продуктивность предпринимательского капитала K и производительность труда как главной общественно полезной функции человеческого капитала Ч (2, 3):

$$K = f_2(T), \quad (2)$$

$$\text{Ч} = f_3(T). \quad (3)$$

Природные ресурсы в составе видового разнообразия фауны и флоры, земельных угодий, минерально-сырьевых ресурсов недр, и общее экологическое состояние окружающей среды, которые мы объединяем в интегральное понятие природного капитала П , непосредственно влияют на производительный капитал K , человеческий капитал Ч и социальный капитал С (4, 5, 6):

$$K = f_4(\text{П}), \quad (4)$$

$$\text{Ч} = f_5(\text{П}), \quad (5)$$

$$\text{С} = f_6(\text{П}). \quad (6)$$

И только три относительно независимых фактора-капитала Ч , K и С прямо влияют на объем производства ВВП (7):

$$Y = F_7(\text{Ч}, K, \text{С}). \quad (7)$$

Таким образом, базовая производственная функция имеет вид (7), а остальные функции носят промежуточный характер, влияющий на факторы-капиталы.

Организация Объединенных Наций в 1947 г. силами группы статистиков и при участии Пола Самуэльсона [12, с. 188] эмпирическим путем вывели универсальную для всех национальных экономик формулу определения валового внутреннего продукта (8), на основании которой и поныне формируется система национальных счетов всех наций:

$$NNP = C + I + G, \quad (8)$$

где NNP – чистый национальный продукт; C – поток потребительских товаров; I – поток чистых инвестиций; G – сумма всех государственных расходов на покупку товаров и услуг.

При этом Самуэльсон отмечает, что эти потоки являются доходами на факторы производства. Этой творческой группе осталось сделать один шаг до конструирования антропологической формулы производства валового общественного продукта (9), которая родилась в стенах Московского горного института в 2013 г. [4]:

$$Y = Y_H + Y_K + Y_S, \quad (9)$$

где Y – совокупная добавленная стоимость, равная валовому внутреннему продукту в натурально-стоимостном измерении, при нулевом сальдо экспортно-импортных операций; Y_H , Y_K , Y_S – доходы на факторы производства, соответственно на человеческий, экономический и социальный факторы-капиталы, выраженные в натурально-стоимостных потоках товаров и услуг.

Авторство этой формулы принадлежит члену нашей команды, профессору Горного института Владимиру Петровичу Пономареву [4, с. 21].

Полученная общая запись антропологической производственной функции (9) хорошо изучена в ходе разработки научных основ Антропологической политэкономии по программе MBA MINING [13]:

$$Y = 2e^{0,693\gamma} P, \quad (10)$$

где Y – произведенный ВВП, млрд USD ppp 2011 г. (ВВП в дол. США, исчисленный по паритету покупательной способности национальной валюты 2011 г.); 2 – коэффициент пошагового (квантового) удвоения Y ; P – среднегодовая численность населения, млн чел.; e – число Эйлера, основание натурального логарифма, $e = 2,718\dots$; γ – ранговый коэффициент от $\gamma_0 = 0$ до $\gamma_6 = 6$, гамма-шкала (см. таблицу).

Проверим формулу (10) на примере экономики Аргентины, у которой в 2020 г. большинство из указанных параметров были на уровне среднемировых значений: $Y = 942$ млрд USD ppp; $P = 45$ млн чел.; $\gamma = 2,5$.

$$Y_{ARG} = 2 \times \exp(0,693 \times 2,5) \times 45 = 1018 \text{ млрд USD ppp}. \quad (11)$$

Ошибка расчета составляет 8% при допустимой погрешности модельного счета 10%.

Проверим формулу (10) на примере экономики России, у которой в 2020 г. были следующие значения параметров: $Y = 4133$ млрд USD ppp; $P = 146,7$ млн чел.; $\gamma = 2,6$.

$$Y_{RUS} = 2 \times \exp(0,693 \times 3) \times 146,7 = 3950 \text{ млрд USD ppp}. \quad (12)$$

Ошибка расчета составляет 4%.

Проверим формулу (10) на примере экономики Казахстана, у которого в 2020 г. были следующие значения параметров: $Y = 501$ млрд USD ppp; $P = 18,9$ млн чел.; $\gamma = 2,6$.

$$Y_{KAZ} = 2 \times \exp(0,693 \times 3) \times 18,9 = 509 \text{ млрд USD ppp}. \quad (13)$$

Ошибка расчета составляет 2%.

И, наконец, проверим формулу (10) по данным мировой экономики за 2020 г.: $Y = 132647$ млрд USD ppp; $P = 7794,8$ млн чел.; $\gamma = 2,1$.

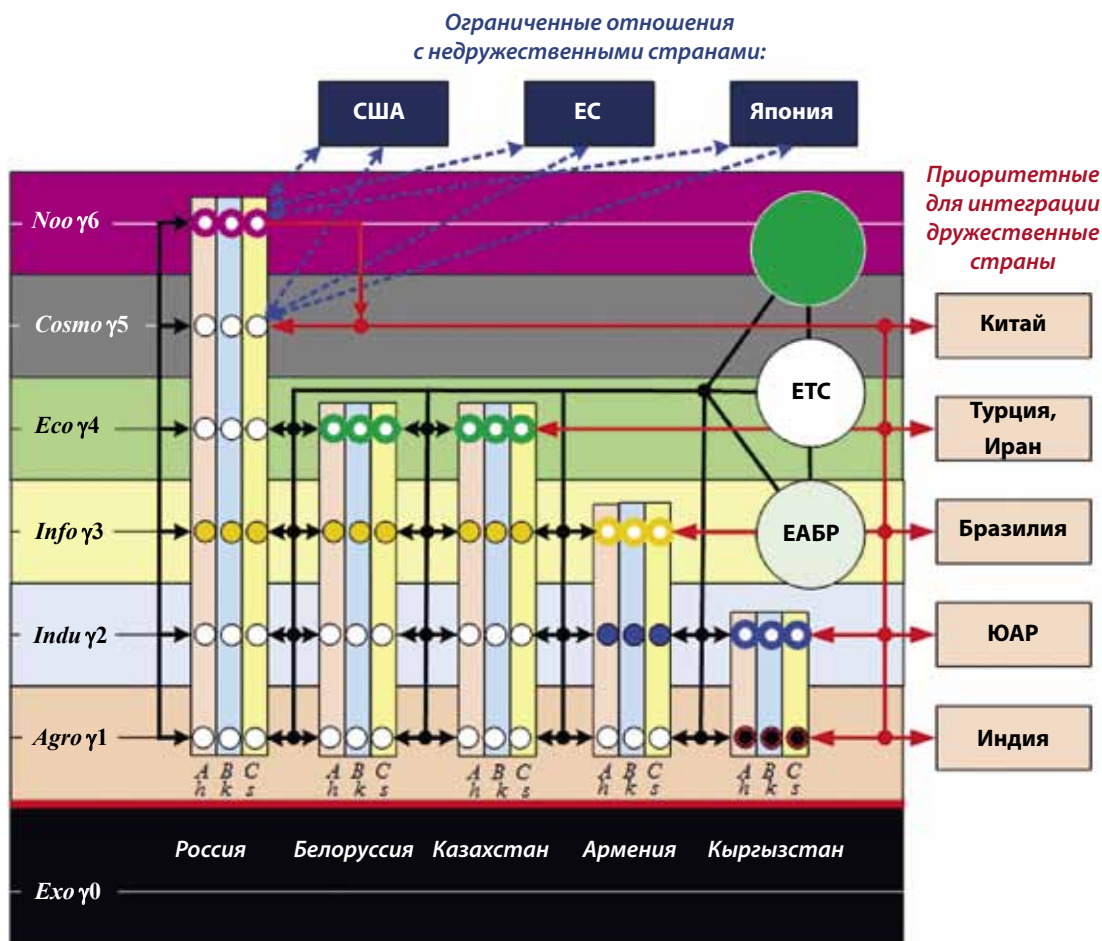
$$Y_{WRL} = 2 \times \exp(0,693 \times 2,1) \times 7794,8 = 127307 \text{ млрд USD ppp}. \quad (14)$$

Ошибка расчета составляет 4%. Следовательно, формула (10) достоверна.

Гамма-шкала экономического развития [13]

Gamma-scale of economic development

Гамма-код	γ0	γ1	γ2	γ3	γ4	γ5	γ6
Этап развития:	Экзогенный	Аграрный	Индустриальный	Информационный	Экологический	Космический	Ноосферный
Маркеры	Индикаторы гамма-шкалы экономического развития						
Доля отрасли по численности занятых	50% и более	40% и более	30% и более	30% и более	30% и более	30% и более	30% и более
ВВП на душу населения в ценах ППС 1990 г., 1000USD.	менее 2	от 2,1 до 4	от 4,1 до 8	от 8,1 до 16	от 16,1 до 32	от 32,1 до 64	от 64,1 до 128
То же в ценах ППС 2011 г., 1000USD.	менее 4	от 4,1 до 8	от 8,1 до 16	от 16,1 до 32	от 32,1 до 64	от 64,1 до 128	от 128,1 до 256
Доля частного предпринимательства α и госрегулирования ω	90α&10ω	80α&20ω	70α&30ω	60α&40ω	50α&50ω	40α&60ω	30α&70ω
Средний индекс человеческого развития	до 0,45	до 0,46 до 0,60	до 0,61 до 0,70	до 0,71 до 0,80	до 0,81 до 0,90	до 0,91 до 0,96	до 0,97 до 0,99
Stage:	Exo	Agro	Indu	Info	Eco	Cosmo	Noo



Обозначения:

○ ○ ○ – товары, услуги

● ● ● – природные товары, первичные услуги

● ● ● – эксклюзивные товары, услуги

● ● ● – инклюзивные, товары, услуги

Интеграционная карта развития экономик России и ЕАЭС
Integration map of the Russian and EAEU economies

Эта формула нам задает среднестатистический уровень социально-экономического развития, соответствующий мировым стандартам социально-экономической динамики. Россия может идти в ногу со временем социальной эволюции Мира, может его несколько обгонять, но ни в коем случае Россия не должна плестись в арьергарде мирового развития.

В полиморфной гамма-шкале нам удалось, как мы считаем, соединить качественный и количественный анализ в единую систему, четко формализованную в поле международной и национальной статистики.

Полиморфный характер гамма-шкалы позволяет квантифицировать не только экономическое пространство, но и его субъектов на уровне человеческого (h), экономического (k) и социального (s) капиталов, а также виды товаров (A – продовольственных, B – промышленных) и услуг (C), влияющих на характер воспроизводства факторов-капиталов.

Это выводит нас на принципиально новый уровень видения текущего экономического пространства сквозь призму стратегического развития глобальной экономики. Мы можем по-новому строить мониторинговые системы мировой, всероссийской и региональной экономики в цифровом пространстве России, выявляя при этом места для новых бизнес-проектов.

В обобщенном виде современная дорожная карта интеграции России в мировое экономическое пространство имеет следующий вид (см. рисунок).

В этой схеме предусмотрено осуществление интеграционных потоков труда, капитала, товаров, услуг, денег и финансовых обязательств через международные институты: Евразийская товарная биржа (ЕТС), Евразийский банк развития (ТАБР) и фондовые биржи ЕАЭС.

Экономисты часто оценивают перспективы экономического развития по авангарду научно-технической мысли, забывая, что основная масса населения еще далека от этого уровня. Так, если российская экономика сегодня находится в среднем на информационном уровне развития (γ_3), а страта авангардного производства находится на космическом (γ_5) или даже ноосферном (γ_6) уровне (пример – уникальные виды вооружения шестого поколения), то следует заниматься именно этими производствами как самыми эффективными для экономики и социума. Но в это время основная масса населения России и других стран ЕАЭС находится на индустриальном (γ_2), аграрном (γ_1), а иногда (Кыргызстан, некоторые регионы РФ и др.) даже на экзогенном (γ_0) уровнях.

Если отдать эти суперниши потребительского рынка на свободное творчество малого и среднего бизнеса, то поступательного социально-экономического развития может не случиться, так как самодеятельность часто ведет к снижению качества продукции. Поэтому государство и большой просвещенный бизнес (ДВА) должны брать на себя

организующие и целеполагающие функции по развитию этих арьергардных зон экономического развития, не упуская при этом собственных экономических выгод. Это не благотворительность, а социально ответственный бизнес.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, поставленная нами в данной статье творческая задача является важнейшей темой диссертаций наших докторов бизнес-администрирования, составляющих рациональные цепочки создания добавленной стоимости на всех уровнях стратификации экономики России и стран ЕАЭС, используя богатый международный опыт транснациональных корпораций с поправкой на активное сотрудничество с дружественными странами.

Список литературы

1. Указ Президента РФ от 21 июля 2020 № 4 74 «О национальных целях развития Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru> (дата обращения: 15.06.2023).
2. Единый план по достижению национальных целей развития Российской Федерации на период до 2024 года и на плановый период до 2030 года» (утвержден распоряжением Правительства РФ от 01.10.2021 № 2765-р). [Электронный ресурс]. URL: <https://www.economy.gov.ru> (дата обращения: 15.06.2023).
3. Пономарев В. Антропологическая политэкономия. Концепция теории саморазвития. Saarbrücken, Deutschland: Lambert Academic Publishing, 2013.
4. Маркс К. Капитал. Критика политической экономии. Т. 1. Кн. 1. Процесс производства капитала. М.: Политиздат, 1988.
5. Менгер К. Избранные работы. М.: Издательский дом «Территория будущего», 2005.
6. Бем-Баверк Ойген фон. Избранные труды о ценности, проценте и капитале (Антология экономической мысли). М.: Эксмо, 2009. 909 с.
7. Мизес Людвиг фон. Человеческая деятельность: трактат по экономической теории (Серия: Австрийская школа). Челябинск: Социум, 2008.
8. Беккер Г. Человеческое поведение: экономический подход. Избранные труды по экономической теории. М.: ГУ ВШЭ, 2003.
9. Бурдые П. Формы капитала (1983) // Электронный журнал «Экономическая социология», 2002. Т. 3. № 5. С. 60-74. URL: <https://ecsoc.hse.ru/2002-3-5/26593677.html> (дата обращения: 15.06.2023).
10. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital / Robert Costanza, Arge, Rudolf de Groot et al. // Nature. 1987. Vol. 387. P. 253-260.
11. Shang Shari S.C., Wu Ya-Ling. Измерение капитала процесса с точки зрения системной модели // Управление бизнес-процессами. 2013. № 19. С. 662-679.
12. Самуэльсон П. Экономика. Учебник для начинающих в 2-х томах. М.: НПО «АЛГОН», «Машиностроение», 1997. Т. 1. С. 188.
13. Пономарев В.П. Полиморфная гамма-шкала экономического развития // Журнал Экономические стратегии. 2022. № 1. С. 106-111.

Original Paper

UDC 58.012.2 © V.P. Ponomarev, A.L. Puchkov, 2023

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 7, pp. 25-30

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-25-30>**Title****GENERAL OBJECTIVES OF PROJECTS UNDER THE DBA PROGRAM OF THE NUST MISIS****Authors**Ponomarev V.P.¹, Puchkov A.L.¹¹ National Research University of Science and Technology (MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation**Authors Information****Ponomarev V.P.**, Doctor of Economic Sciences, Professor, Visiting Professor, Chairman for the MBA MINING&METALS and DBA IN TECH programs at the College of Mining**Puchkov A.L.**, PhD (Economic), Associate Professor of MBA, Director of the Center for the Development of Advanced Competencies of Industry Leaders, e-mail: mbamining.alexey1@yandex.ru**Abstract**

The economy of modern Russia needs creative entrepreneurs of big business who are able to organize new points of growth for the national economy in the face of sanctions restrictions and the crisis of the Western management system. The priority of their work is the development of national projects adopted by the Russian leadership for the long term. Graduates of the DBA program of the NUST MISIS Mining Institute do not duplicate programs

approved by the government, but find vacant niches and form their large business projects in cooperation with affiliated small and medium-sized businesses in regional points of economic development growth. At the same time, they effectively use the mining and raw materials and other resource factors of the regions of Russia, the EAEU countries, as well as friendly countries of the world both in the mode of cooperation and in the mode of mobilization economy.

Keywords

DBA training in Russia and EAEU countries, Business strategy, Transformation of the business world.

References

1. Decree of the President of the Russian Federation No. 474 as of 21 July, 2020, "On National Development Goals of the Russian Federation". [Electronic resource]. Available at: <http://www.kremlin.ru> (accessed 15.06.2023).
2. Unified Plan for Achieving the National Development Goals of the Russian Federation for the Period up to 2024 and for the Planning Period up to 2030 (approved by Russian Government Regulation No. 2765-p as of 01.10.2021). [Electronic resource]. Available at: <https://www.economy.gov.ru> (accessed 15.06.2023).
3. Ponomarev V. Anthropological political economy. The concept of self-development theory. Saarbrücken, Deutschland: Lambert Academic Publishing, 2013. (In Russ.).
4. Karl Marx. Capital: A Critique of Political Economy, Vol. 1, Book 1. The Process of Production of Capital. Moscow, Politizdat Publ., 1988. (In Russ.).
5. Carl Menger. Collected Works. Moscow, Territoriya Buduschego Publ., 2005. (In Russ.).
6. Eugen von Böhm-Bawerk Selected works on value, interest and capital (Anthology of economic thought). Moscow, Eksmo Publ., 2009, 909 p. (In Russ.).
7. Ludwig von Mises. Human Action: A Treatise on Economics (Austrian School Series), Chelyabinsk, Sotsium Publ., 2008. (In Russ.).
8. Gary S. Becker. The Economic Approach to Human Behavior. Selected works on economic theory. Moscow, State University – Higher School of Economics Publ., 2003. (In Russ.).
9. Pierre Bourdieu Forms of Capital (1983). *Ekonomicheskaya sotsiologiya*, 2002, Vol. 3, (5), pp. 60-74. (In Russ.). Available at: <https://ecsoc.hse.ru/2002-3-5/26593677.html> (accessed: 15.06.2023).
10. Robert Costanza, Arge, Rudolf de Groot & Stephen Farber. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital. *Nature*, 1987, (387), pp. 253-260.
11. Shang Shari S.C. & Wu Ya-Ling. Measuring process capital from a system model perspective. *Business Process Management Journal*, 2013, (19), pp. 662-679. (In Russ.).
12. Paul Samuelson. Economics. Introductory textbook in 2 volumes. Moscow, ALGON NPO, Mashinostroenie Publ., 1997, Vol. 1, pp. 188. (In Russ.).
13. Ponomarev V.P. A polymorphic gamma scale of economic development. *Ekonomicheskie strategii*, 2022, (1), pp. 106-111. (In Russ.).

For citation

Ponomarev V.P. & Puchkov A.L. General objectives of projects under the DBA program of the NUST MISIS. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 25-30. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2023-7-25-30](http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-25-30).

Paper info

Received May 25, 2023

Reviewed June 14, 2023

Accepted June 26, 2023

РЕКЛАМА

НПП ЗАВОД МДУ

ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ЗАВОД МОДУЛЬНЫХ
ДЕГАЗАЦИОННЫХ УСТАНОВОК»

**ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ДЕГАЗАЦИИ И УТИЛИЗАЦИИ
МЕТАНА**

МЕТАН ПОД КОНТРОЛЕМ!

РОССИЯ
Г. НОВОКУЗНЕЦК
ШОССЕ СЕВЕРНОЕ, 8

WWW.ZAVODMDU.RU
INFO@ZAVODMDU.RU
ТЕЛ.: +7 (3843) 991-991

Оценка вертикальных ускорений литосферных плит в интересах снижения рисков в угледобывающей отрасли Арктической зоны*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-31-35>

Авторы обращают внимание на геодинамические угрозы для угледобывающей отрасли, обусловленные опасными геологическими процессами эндогенного и экзогенного характера на территории Арктической зоны. В статье рассматривается проблема оценки вертикального ускорения континентальных литосферных плит применительно к Сибирскому кратону, характеризующемуся высокой геодинамической активностью. Выдвигается предположение, что знание вертикальных ускорений в литосфере дает возможность снизить риски в угледобывающей отрасли Арктической зоны, отличающейся сложной геодинамикой, а также приблизиться к решению задач предсказания катастроф в районах угледобычи (землетрясений, карстовых провалов, оползней). Обозначено социально-экономическое значение выявления, прогнозирования и предотвращения геодинамических угроз и обеспечения геодинамической безопасности арктических территорий для развития угледобывающей отрасли и Арктического региона.

Ключевые слова: Арктическая зона, безопасность, вертикальные ускорения, геодинамическая безопасность, геодинамические угрозы, геодинамический процесс, литосферная плита, математическая модель, минерально-сырьевой капитал, недропользование, природная рента, природный капитал, риск, сейсмический риск, угледобывающая отрасль, угледобыча, устойчивое развитие.

Для цитирования: Оценка вертикальных ускорений литосферных плит в интересах снижения рисков в угледобывающей отрасли в Арктической зоне / В.А. Минаев, А.И. Овсяник, А.О. Фаддеев и др. // Уголь. 2023. № 7. С. 31-35. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-31-35>.

ВВЕДЕНИЕ

Процессы углеобразования происходили в отдельные периоды геологической истории Земли с различной интенсивностью. Углеобразование, реализуясь на круп-

МИНАЕВ В.А.

Доктор техн. наук, профессор,
профессор Кафедры специальных
информационных технологий
Московского университета МВД России им. В.Я. Кикотя,
117997, г. Москва, Россия,
e-mail: m1va@yandex.ru

ОВСЯНИК А.И.

Доктор техн. наук, профессор,
заведующий кафедрой
«Безопасность жизнедеятельности»
Финансового университета
при Правительстве РФ,
105187, г. Москва, Россия,
e-mail: aiovsyani@fa.ru

ФАДДЕЕВ А.О.

Доктор техн. наук, доцент,
главный научный сотрудник
Дирекции по Арктическим программам
Московского государственного
технического университета имени Н.Э. Баумана
105005, Москва, Россия,
e-mail: fao1@mail.ru

КИСЕЛЕВА С.П.

Доктор экон. наук, профессор,
профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности»
Финансового университета при Правительстве РФ,
член Комиссии РАН по изучению научного наследия
выдающихся ученых и Комиссии РАН
по техногенной безопасности,
119991, г. Москва, Россия,
e-mail: svetkiseleva@yandex.ru

* Статья подготовлена по результатам исследований, выполненных в 2023 году за счёт бюджетных средств по государственному заданию Финансового университета.

ных площадях и локальных участках всех континентов, где возникает благоприятное сочетание фитологических, климатических, палеогеографических, а также геотектонических предпосылок, приобрело региональный характер. Процессы углеобразования определяют процессы угледобычи, которые, в зависимости от способов добычи угля, различаются качеством добываемого угля, рентабельностью и технологичностью угледобычи, уровнем безопасности производственной деятельности, уровнем и характером негативного экологического и климатического воздействия на окружающую природную среду.

На развитие угледобывающей отрасли влияют угрозы природного, техногенного, экономического, социального, политического и иного характера, свойственные для определенного региона. Современный геодинамический режим Арктической зоны обуславливает обращение специального внимания на геодинамические угрозы развития угледобывающей отрасли, связанные с опасными геологическими процессами эндогенного и экзогенного характера.

Основной структурной составляющей земной коры являются литосферные плиты. Литосферные плиты лежат на пластичном слое верхней мантии – астеносфере, по последним научным представлениям играющей главную роль в движении земной коры. Вещество астеносферы в результате тепловой конвекции медленно «течет», увлекая за собой блоки литосферы и вызывая их горизонтальные перемещения. Если же вещество астеносферы поднимается или опускается, это приводит к вертикальному движению земной коры [1, 2, 3, 4].

Миграция плит подтверждена прямыми измерениями скорости плит методом интерферометрии излучения от далеких квазаров и измерениями с помощью спутниковых навигационных систем. Скорость горизонтального движения плит различная и варьируется от 1 до 6 см в год. Приведенные значения скоростей характеризуют движения плит как единых структурных образований литосферы. Однако достаточно хорошо известно, что плиты имеют блочную структуру. Отдельные блоки помимо того, что движутся в составе плиты, испытывают собственные горизонтальные и вертикальные движения, что хорошо подтверждается экспериментальными исследованиями [5, 6]. Кроме того, в последнее время отмечается тенденция ускорения движения литосферных плит, отражаясь в возникновении земных катастроф (землетрясений, карстовых провалов, оползней и других подобных явлений), усилении в этой связи геодинамических опасностей для районов угледобычи.

В связи с этим возникла необходимость построения специальной математической модели ускорения литосферных плит для достоверных оценок геодинамических рисков для территорий Арктической зоны Российской Федерации, где осуществляется угледобыча. Модель призвана содействовать эффективному решению задач в области выявления, прогнозирования и предупреждения геодинамических угроз в интересах обеспечения геодинамической безопасности и устойчивого развития угледобывающей отрасли Арктической зоны.

СВЕДЕНИЯ О МОДЕЛИ

Для построения математической модели оценки вертикальных ускорений потребовался значительный спектр геофизических данных – распределение значений поверхностного теплового потока и упругих модулей Ламе, плотность геологической среды на различных глубинах, топографический рельеф местности, конфигурация поверхности Мохо, а также информация о скоростях современных вертикальных тектонических движений [7].

Структурно математическая модель включала уравнения, которые учитывают весь вышеуказанный комплекс геофизических данных, и, что особенно важно, влияние на литосферную плиту геодинамических процессов, действующих в вертикальном направлении.

В результате авторами получены расчетные соотношения, позволяющие не только количественно оценить величины вертикальных ускорений, но и построить распределенное поле их значений.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Распределенные оценки величин вертикальных ускорений на основе модели выполнены для территории, ограниченной между параллелями 60° с. ш. и 68° с. ш., а также между меридианами 120° в. д. и 138° в. д. При проведении численных оценок величин вертикальных ускорений получены весьма значимые, но и неожиданные результаты (рис. 1).

Значимыми они являются в том смысле, что исследователи еще ни в одном регионе планеты не оценивали количественно литосферные вертикальные ускорения, тем более – в их распределенном аспекте. Сегодня только начинают вести речь об ускорениях, которые испытывают литосферные плиты. Авторам же статьи удалось исключительно математически, «на кончике пера», выполнить эти оценки.

Неожиданными результаты оказались в том аспекте, что авторами предполагалось, что вертикальные литосферные ускорения связаны с проявлением солнечно-земных либо лунно-земных связей [8, 9] и по порядку должны соответствовать величинам солнечных или лунных ускорений, порождающих возмущения в земной коре этими космическими объектами.

Однако эти предположения не подтвердились. Известно, что порядок лунных ускорений составляет 10^{-4} м/с², а солнечных – 10^{-3} м/с² [9]. Согласно же численным оценкам авторов, порядок вертикальных литосферных ускорений оказался равным 10^{-2} м/с² (см. рис. 1). Отметим, что и аномалии гравитационного поля в изостатической редукции [10] не играют особой роли, поскольку вносят в вертикальные литосферные ускорения величины порядка 10^{-5} м/с². Кроме того, характер пространственного распределения изостатических аномалий для исследуемого региона (рис. 2) совершенно не соответствует структуре поля вертикальных литосферных ускорений (см. рис. 1).

Следовательно, космические факторы и гравитационные аномалии оказываются ни при чем, а причину следует искать исключительно в процессах, протекающих в мантии и земной коре. На взгляд авторов, мантийные процессы задают общую тенденцию в движении литосферных плит, «тон-

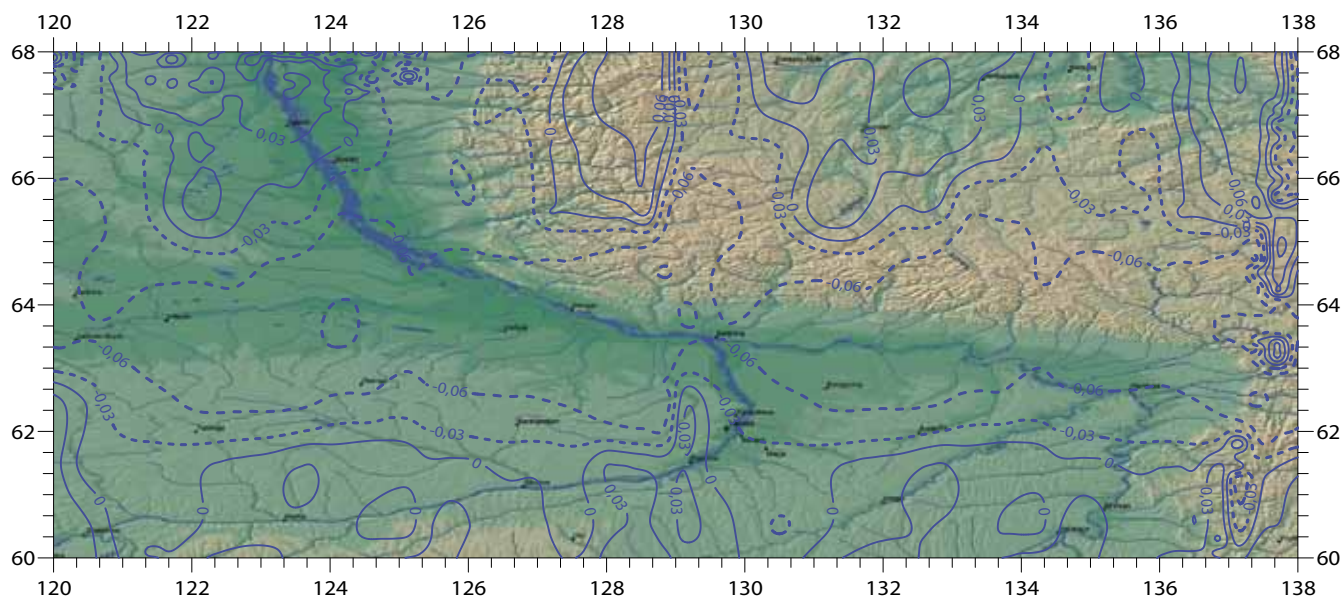


Рис. 1. Эквипотенциальное распределение литосферных вертикальных ускорений (m/s^2) в упругом объеме модельной геологической среды. Сечение изолиний – $0,03 m/s^2$

Fig. 1. Equipotential allocation of lithospheric vertical accelerations (m/s^2) in an elastic volume of a simulated geological medium. The contour interval is $0,03 m/s^2$

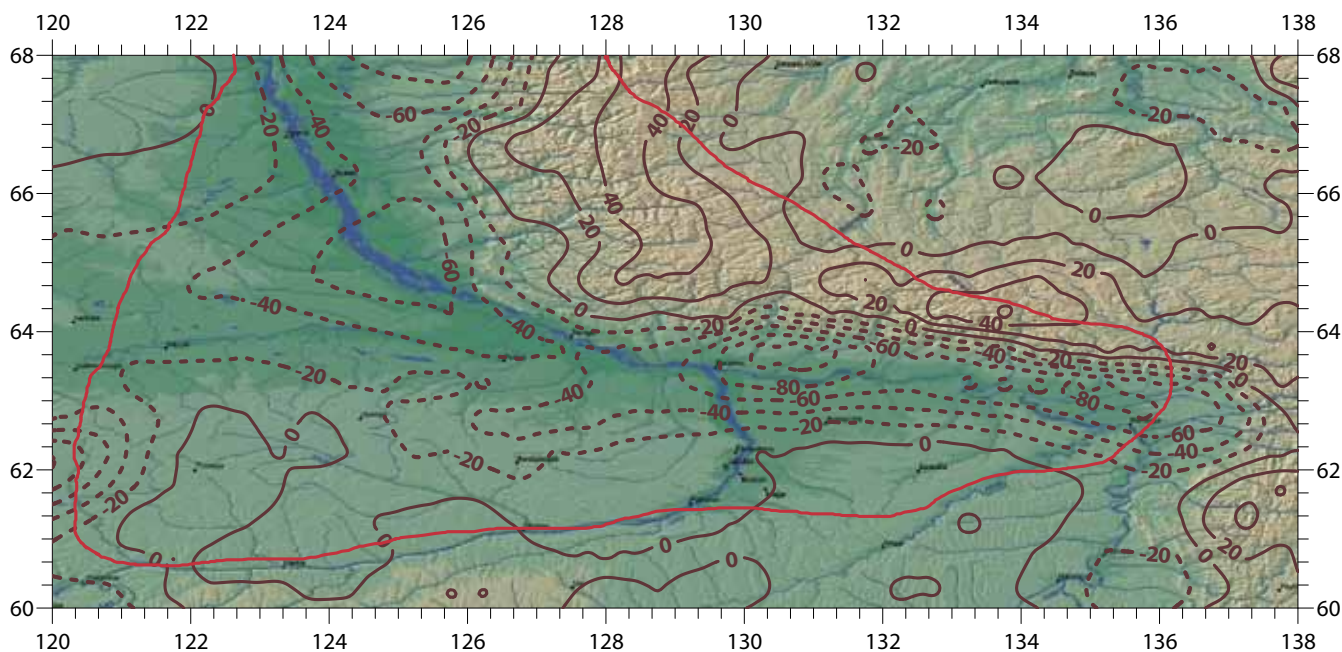


Рис. 2. Эквипотенциальное распределение изостатических аномалий (мГал) на территории исследуемого региона. Сечение изолиний – $20 mGal$. Красной линией обозначены контуры угленосной площади Ленского бассейна

Fig. 2. Equipotential allocation of isostatic anomalies (mGal) in the surveyed area.

The contour interval is $20 mGal$. The red line indicates the boundaries of the coal-bearing area of the Lena basin

кости» же следует искать в самой земной коре. И главная причина, отражающая характер и особенности пространственного распределения поля вертикальных литосферных ускорений, кроется в самих литосферных процессах.

Для более глубокого понимания указанной причины необходимы новые исследования, направленные на изучение горизонтальных движений в земной коре на

различных глубинах. Определив характер этих движений, структурные особенности перемещений в геологической среде, можно не только выявить истинную причину, порождающую вертикальные литосферные ускорения, но и подойти к решению важной задачи реконструкции горизонтальной многоуровневой глубинной динамики земной коры, напрямую определяющей геодинамические

риски и опасности в угледобывающих районах, в частности, на угленосной площади Ленского бассейна [11] (см. рис. 2).

Выявление, прогнозирование и предотвращение геодинамических угроз имеют важное социально-экономическое значение для Арктической зоны. Природный капитал Арктики характеризует стоимость обособленных природных ресурсов, приносящих природную ренту в условиях высокого риска [12]. Природная рента, возникающая от использования минерально-сырьевого капитала Арктических территорий, имеет природно-климатическую, геополитическую и геоэкономическую специфику проявления риска разработки полезных ископаемых [12]. Деятельность угледобывающих компаний характеризуется особыми рентными отношениями недропользования, которые обусловлены приоритетом безопасного ведения горных работ над экономической эффективностью добывающих компаний. В угледобывающей отрасли извлечение сверхприбыли за счет снижения затрат на обеспечение безопасности ведения горных работ обуславливает дополнительные риски для ее развития. В интересах обеспечения безопасности и устойчивого развития угледобывающей отрасли рекомендуется использовать расширенную типизацию экономической политики угледобывающей компании на базе соответствующих целевых стратегических приоритетов ее развития [13]. Представленные в статье результаты исследования призваны способствовать эффективному и безопасному использованию минерально-сырьевого капитала и получению максимальной природной арктической ренты, а также расширенному воспроизводству человеческого капитала на территории Арктической зоны [14, 15].

ВЫВОДЫ

Предотвращение геодинамических угроз и обеспечение геодинамической безопасности территорий имеют важное значение для развития угледобывающей отрасли и экономики Арктического региона.

В статье представлены результаты моделирования и количественных оценок вертикальных литосферных ускорений, построены иллюстративные карты-схемы применительно к исследуемому региону.

Главной причиной, порождающей вертикальные ускорения в литосферных плитах, являются процессы, протекающие в мантии, а характер и особенности пространственного распределения поля ускорений следует искать в самих литосферных процессах.

Реконструкция горизонтальной многоуровневой глубинной динамики земной коры, в особенности ее верхних горизонтов, в том числе – на базе полученных результатов, позволяет по-новому подойти к пониманию и разрешению проблемы пространственного и временного прогноза не только катастрофических геодинамических процессов, но и таких опасностей, как карстовые провалы, оползни,

оседания, что очень важно для обеспечения безопасности в угледобывающей отрасли, строительстве и при развитии транспортной инфраструктуры территорий Арктической зоны Российской Федерации.

Развитие теории и практики в сфере выявления, прогнозирования и предотвращения геодинамических угроз – залог эффективного, рационального и безопасного использования минерально-сырьевого капитала в интересах развития угледобывающей отрасли и экономики Арктического региона.

Список литературы

1. Гзовский М.В. Основы тектонофизики. М.: Наука, 1975. 536 с.
2. Глико А.О., Парфенюк О.И. Теплового режим литосферы и мантии Земли – геотермические исследования в ИФЗ РАН // Физика Земли. 2019. № 1. С. 28-41.
3. Трубицын В.П. Проблемы глобальной геодинамики // Физика Земли. 2019. № 1. С. 180-198.
4. Stasey F.D., Loper D.E. Thermal History of the Core and Mantle // Phys. Earth Planet. Inter. 1984. P. 99-115.
5. Гласко М.П., Ранцман Е.Я. Морфоструктурные узлы – места активизации природных процессов // Доклады Академии наук. 1996. Т. 350. № 3. С. 397-400.
6. Географические информационные системы и дистанционное зондирование Земли. URL: <http://gis-lab.info/qa/3dviz-ag.html> (дата обращения: 15.06.2023 г.)
7. Минаев В.А., Овсяник А.И., Фаддеев А.О. Вертикальные ускорения литосферных плит как источники рисков жизнедеятельности в арктической зоне: современная модель / Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Материалы VII международной научно-практической конференции в 5 частях. 2023. С. 316-324.
8. Минаев В.А., Фаддеев А.О., Павлова С.А. Космофизические процессы и земные сейсмические риски // Спецтехника и связь. 2015. № 4. С. 13–18.
9. Геодинамические риски и космические факторы / В.А. Минаев, А.О. Фаддеев, М.П. Сычев и др. // Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. 2015. Вып. 6. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb/2015-6> (дата обращения: 15.06.2023).
10. Короновский Н.В. Изостазия // Науки о Земле. 2001. Т. 7. № 11. С. 73-78.
11. Минаев В.А., Степанов Р.О., Фаддеев А.О. Арктические риски: моделирование, комплексная оценка, управление. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2022. 420 с.
12. Угольный арктический доход: классификация и методология оценки / Ю.В. Разовский, Е.Ю. Горенкова, С.П. Киселева и др. // Уголь. 2018. № 7. С. 42-44. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-7-42-44.
13. Экономическая политика формирования стратегического видения угледобывающей компании / Ю.В. Разовский, Я.Д. Вишняков, С.П. Киселева и др. // Уголь. 2018. № 6. С. 63-66. DOI: 10.18796/0041-5790-2018-6-63-66.
14. Арктический путь / Ю.В. Разовский, Я.Д. Вишняков, Е.Ю. Савельева и др. // Уголь. 2019. № 4. С. 36-38. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-4-36-38.
15. Киселева С.П. Экологическая безопасность инновационного развития. Тамбов: Издательство Р.В. Першина, 2013. 312 с.

Original Paper

UDC 51.3.51.8:622.211 © V.A. Minaev, A.I. Ovsyanik, A.O. Faddeev, S.P. Kiseleva, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 7, pp. 31-35
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-31-35>

Title

**ASSESSMENT OF VERTICAL ACCELERATIONS OF LITHOSPHERIC PLATES
 IN THE INTERESTS OF REDUCING RISKS IN THE ARCTIC ZONE COAL MINING INDUSTRY**

Authors

Minaev V.A.¹, Ovsyanik A.I.², Faddeev A.O.³, Kiseleva S.P.^{4,5}

¹ Moscow University of the Ministry of the Interior of the Russian Federation named after V.Y. Kikot, Moscow, 117997, Russian Federation

² Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 105187, Russian Federation

³ Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russian Federation

⁴ Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 105187, Russian Federation

⁵ Russian Academy of Sciences, Moscow, 119991, Russian Federation

Authors Information

Minaev V.A., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Department of Special Information Technologies, e-mail: m1va@yandex.ru

Ovsyanik A.I., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Department of "Life Safety", e-mail: ovsyanik58@gmail.com

Faddeev A.O., Doctor of Engineering Sciences, Associate professor, Chief Scientific Officer Directorates for Arctic Programs, e-mail: fa01@mail.ru

Kiseleva S.P., Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of "Life Safety", member of the RAS Commission for the Study of the Scientific Heritage of Outstanding Scientists and the RAS Commission on Technogenic Safety, e-mail: svetlkiseleva@yandex.ru

Abstract

The authors draw attention to geodynamic threats to the coal mining industry caused by dangerous geological processes of endogenous and exogenous nature on the territory of the Arctic zone. The article deals with the problem of estimating the vertical acceleration of continental lithospheric plates in relation to the Siberian craton, characterized by high geodynamic activity. It is suggested that the knowledge of vertical accelerations in the lithosphere makes it possible to reduce risks in the coal mining industry of the Arctic zone, characterized by complex geodynamics, as well as to approach the solution of problems of predicting terrestrial catastrophes in areas of ice mining (earthquakes, karst sinkholes, landslides). The socio-economic importance of identifying, forecasting and preventing geodynamic threats and ensuring the geo-dynamic security of the Arctic territories for the development of the coal mining industry and the Arctic region is outlined.

Keywords

Arctic zone, Safety, Vertical accelerations, Geodynamic safety, Geodynamic threats, Geodynamic process, Lithospheric plate, Mathematical model, Mineral resource capital, Subsoil use, Natural rent, Natural capital, Risk, Seismic risk, Coal mining industry, Coal mining, Sustainable development.

References

1. Gzovsky M.V. Fundamentals of Tectonophysics. Moscow, Nauka Publ., 1975, 536 p. (In Russ.).
2. Gliko A.O. & Parfenyuk O.I. Thermal regime of the Earth's lithosphere and mantle: geothermal studies at the Institute of Physics of the Earth. *Fizika zemli*, 2019, (1), pp. 28-41. (In Russ.).
3. Trubitsyn V.P. Challenges of global Geodynamics. *Fizika Zemli*, 2019, (1), pp. 180-198. (In Russ.).
4. Stasey F.D. & Loper D.E. Thermal History of the Core and Mantle. *Phys. Earth Planet. Inter.* 1984. P. 99-115.

5. Glasko M.P. & Rantzman E.Ya. Morphostructural nodes: loci of natural process activation. *Doklady Akademii nauk*, 1996, Vol. 350, (3), pp. 397-400. (In Russ.).

6. Geographic information systems and remote sensing. Available at: <http://gis-lab.info/qa/3dviz-ag.html> (accessed 15.06.2023).

7. Minaev V.A., Ovsyanik A.I. & Faddeev A.O. Vertical accelerations of lithosphere plates as sources of life risks in the Arctic zone: a modern model. *Civil Defence for Peace and Security. Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference* (in 5 parts). 2023, pp. 316-324. (In Russ.).

8. Minaev V.A., Faddeev A.O. & Pavlova S.A. Cosmophysical processes and terrestrial seismic risks. *Spectehnika i svyaz'*, 2015, (4), pp. 13-18. (In Russ.).

9. Minaev V.A., Faddeev A.O., Sychev M.P., Bondar K.M., Pavlova S.A. & Kuzmenko N.A. Geodynamic risks and cosmic space factors. *Tehnologii tehnosfernoj bezopasnosti*, 2015, (6). Available at: <http://ipb.mos.ru/ttb/2015-6> (accessed 15.06.2023).

10. Koronovsky N.V. Isostasy. *Nauki o Zemle*, 2001, Vol. 7, (11), pp. 73-78. (In Russ.).

11. Minaev V.A., Stepanov R.O. & Faddeev A.O. Arctic risks: modelling, integrated assessment, management. Moscow, Bauman Moscow State University Publ., 2022, 420 p. (In Russ.).

12. Razovskiy Yu.V., Gorenkova E.Yu., Kiseleva S.P., Kosyakova I.V. & Makolova L.V. Coal Arctic revenue: classification and assessment methodology. *Ugol*, 2018, (7), pp. 42-44. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-7-42-44.

13. Razovskiy Yu.V., Vishnyakov Ya.D., Kiseleva S.P., Ruban M.S. & Gorenkova E.Yu. Economic policy of strategic vision formation coal mining company. *Ugol*, 2018, (6), pp. 63-66. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2018-6-63-66.

14. Razovskiy Yu.V., Vishnyakov Ya.D., Saveleva E.Yu., Kiseleva S.P. & Makolova L.V. The Arctic way. *Ugol*, 2019, (4), pp. 36-38. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-4-36-38.

15. Kiseleva S.P. Environmental safety of innovative development. Tambov: R.V. Pershin Publ., 2013, 312 p. (In Russ.).

Acknowledgements

The paper is based on the results of research carried out in 2023 and supported by the budgetary funds under the state assignment of the Financial University.

For citation

Minaev V.A., Ovsyanik A.I., Faddeev A.O. & Kiseleva S.P. Assessment of vertical accelerations of lithospheric plates in the interests of reducing risks in the Arctic zone coal mining industry. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 31-35. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-31-35.

Paper info

Received May 22, 2023

Reviewed June 14, 2023

Accepted June 26, 2023

Оценка эффективности развития инновационной инфраструктуры угольной промышленности

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-36-40>

ЛЕБЕДЕВА Н.Е.

Канд. экон. наук, доцент Департамента отраслевых рынков Факультета экономики и бизнеса Финансового университета при Правительстве РФ, 125167, Москва, Россия, e-mail: n.miravillegroup@gmail.com

Интеграция России в мировую экономику быстро сделала нерентабельным развитие собственного машиностроения и прикладной науки в сфере ТЭК, но санкции 2014 г. заставили вновь задуматься о технической и технологической независимости. Принятые меры государственной поддержки начали исправлять ситуацию, однако до настоящего момента значимая доля технологического оборудования остается импортной, особенно это касается сферы добычи и переработки угля. Это свидетельствует о недостаточной эффективности применяемых мер отраслевого развития. События февраля 2022 г. вынудили большинство промышленных секторов экономики в авральном порядке адаптироваться к новым условиям и здесь ярко проявились многие стратегические просчеты предыдущего периода. В первую очередь речь идет о необходимости наращивания системности в планировании, создании инновационной инфраструктуры в форме системы сертификации продукции, испытательных лабораторий и полигонов.

Ключевые слова: угольная промышленность, импортозамещение, сертификация, испытательные лаборатории, исследовательские полигоны, управление проектами, оценка эффективности.

Для цитирования: Лебедева Н.Е. Оценка эффективности развития инновационной инфраструктуры угольной промышленности // Уголь. 2023. № 7. С. 36-40. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-36-40>.

ВВЕДЕНИЕ

Давнее политическое противостояние России и стран Запада исторически сопровождалось различными экономическими санкциями, история которых берет начало в 1920-х годах. Особенно эта проблема обострилась в последние десятилетия.

Как ответ на санкции российская экономика взяла курс на импортозамещение. Были созданы отраслевые программы импортозамещения, реализуемые в различных отраслях промышленности. Ситуация в угольной сфере в среднем хуже, чем в смежном нефтегазовом сегменте, где долю импорта с 2014 г. удалось снизить с 50 до 40% [1].

Несмотря на некоторое ускорение импортозамещения после 2014 г., полученные результаты нельзя считать достаточными, и новая волна санкций 2022 г. наглядно выявила слабости отечественной промышленности, поставив под угрозу процессы добычи и перера-

ботки энергоресурсов в России. Еще до санкций Россия отставала по производительности труда при подземной добыче угля от США в 3,8 раза, а при открытой – в 5 раз [2]. Эта угроза отмечена в Программе развития угольной промышленности на период до 2035 г. [3], и у нее есть множество причин: устаревшее оборудование, отсутствие новых технологий добычи, средств автоматизации, отставание в уровне цифровизации отрасли и другие [4].

Проблема состоит в большой неоднородности показателей локализации по направлениям развития, что создает «слабые звенья» в производственных цепочках. Необходимо не только обновление техники, но и поддержание в рабочем состоянии существующего импортного и отечественного оборудования, которое содержит многочисленные импортные комплектующие. Отсюда следует закономерный вопрос о допущенных ошибках в планировании и путях исправления ситуации в новых условиях.

Вышеуказанные проблемы свидетельствуют о том, что развитию ТЭК не хватает системности, локальное решение проблем не может обеспечить непрерывность процесса импортозамещения от фундаментальных исследований до серийного выпуска отечественной продукции, а рыночные механизмы самоорганизации экономических систем не работают.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Жизненный цикл крупных проектов ТЭК можно описать в категориях уровней технологической готовности (TRL). Успех проекта обеспечивается непрерывным продвижением от фундаментальных исследований до освоения серийного производства [5]. На каждом этапе должны

быть получены определенные объективные результаты, которые требуют соответствующей производственной и экспериментальной базы (рис. 1).

Сохранившийся научный потенциал позволяет отечественным компаниям и отраслевым НИИ относительно успешно дойти до стадии создания отдельных компонентов системы (TRL 4-5), но далее требуются испытание этих элементов и демонстрация работоспособности прототипа всей системы. Именно эти этапы часто становятся непреодолимым препятствием для разработчиков на пути к промышленному освоению. Особенно это важно для молодых компаний, которые стремятся стать поставщиками отдельных компонентов для крупных предприятий. Так как в течение длительного времени российские компании были не заинтересованы в развитии собственных технологий и оборудования, предпочитая приобретать их у ведущих зарубежных компаний, то возник дефицит испытательных стендов [6].

Проведение экспериментов требует специального оборудования и работы на реальных месторождениях, что всегда рискованно, особенно для пионерских разработок. Для этого нужна особая испытательная площадка со специализированной инфраструктурой и персоналом. Владелец месторождения вынужден брать на себя риски неудачи эксперимента и, как минимум, идти на снижение добычи в период испытания. Кроме того, испытания изменяют разрешенный характер производственной деятельности и землепользования, что требует юридического урегулирования. Таким образом, испытательная база превращается в важный элемент инновационной инфраструктуры, без которой невозможен переход от НИОКР к производству.

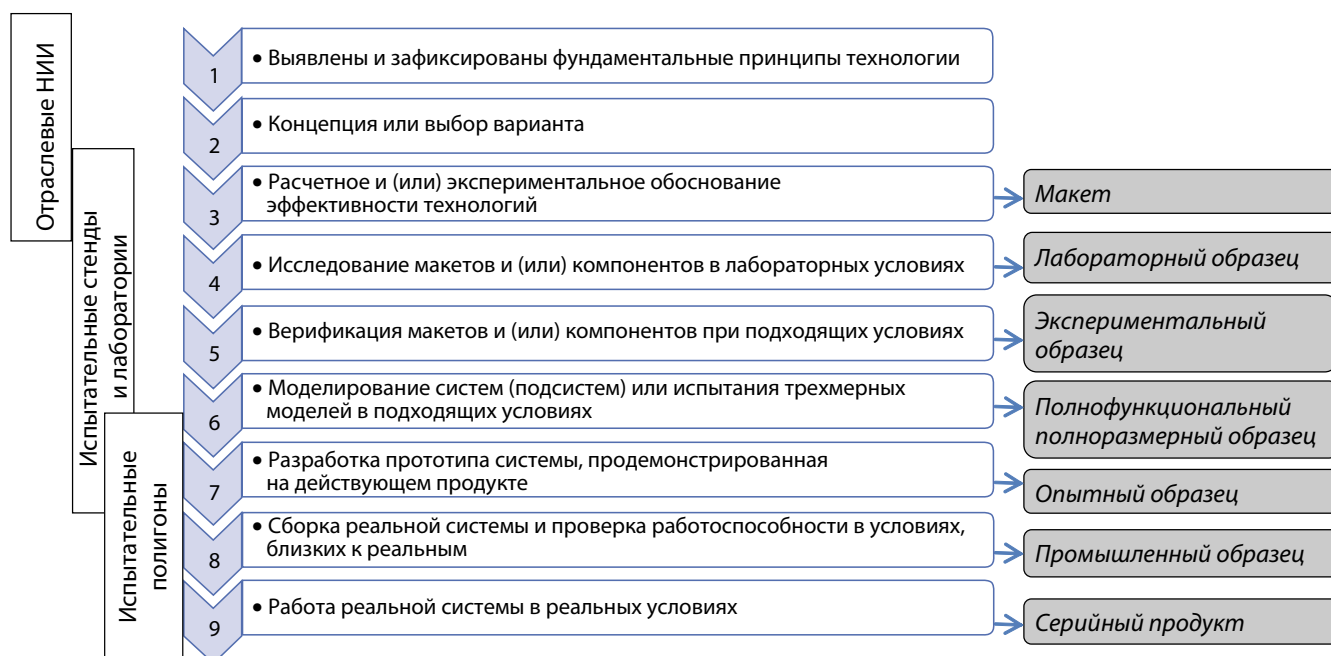


Рис. 1. Процесс создания технологий и оборудования [5]

Fig. 1. Process of creating technologies and equipment [5]

В угольной отрасли процессы создания лабораторий и полигонов находятся на начальной стадии и пока сильно отстают по масштабам и количеству направлений от нефтяников. Единственный полигон для испытаний инновационных технологий биорекультивации нарушенных угледобывчей земель создается на Кедровском угольном разрезе (Кузбассразрезуголь) [7].

Дефицит испытательных лабораторий характерен для всей отечественной промышленности, что хорошо видно по статистике. В 2019 г. собственных специализированных испытательных лабораторий ТЭК не было вообще, если не брать в расчет отдельные узкие области по некоторым видам вспомогательного оборудования [8, 9]. Далее наблюдается быстрый рост интереса к данной проблеме, в России появляются первые лаборатории, аккредитованные ведущими международными организациями, например ILAC MRA. В 2019 г. было аккредитовано 13 таких лабораторий, в 2020 г. – 24, в 2021 и 2022 гг. – соответственно 18 и 22 [7]. Роснедра заявляли о планах по созданию в 2022 г. до 10 технологических полигонов во всех ключевых нефтегазовых бассейнах РФ [10].

Всего в странах СНГ действуют около 2700 аккредитованных лабораторий, 76% из них находятся в России, остальные, в Казахстане и Белоруссии. Согласно рейтингу наиболее популярных направлений работы лабораторий, количество лабораторий, связывающих свою деятельность с угольной сферой, минимально. Специализированные лаборатории для решения отраслевых задач в реестре практически отсутствуют. Отчасти этот пробел призван реликвидировать новый крупнейший в стране испытательный центр «Проммаштест»¹ [7]. Для сравнения, в США на сегодняшний момент действуют почти 12000 сертифицированных испытательных лабораторий с совокупным оборотом 29 млрд дол. США [7]. Дефицит лабораторий приводит к тому, что в ТЭК, и особенно в его угольном сегменте, сохраняются целые области, которые не имеют возможностей для проведения полноценных испытаний, например, углехимия.

В связи с необходимостью развития инновационной инфраструктуры ТЭК возникает вопрос о критериях оценки эффективности ее работы. Лаборатории ускоряют процесс внедрения и сокращают накладные расходы разработчиков, однако каждая лаборатория задействована во множестве проектов. Консолидировать такую статистику крайне сложно. Можно предположить, что общий эффект будет больше суммы эффектов на каждом этапе разработки продукции.

Для оценки эффективности предлагается использовать Индекс готовности системы (*SRL*, System Readiness Level), который учитывает готовность отдельных элементов (*TRL*) и степень интеграции этих элементов в единое целое (*IRL*). Методика расчета данного показателя утверждена соответствующим ГОСТ [11].

Рассмотрим эту задачу на условном примере. Пусть разрабатываемое изделие включает в себя три разные технологии ($n = 3$): первая технология полностью готова к использованию ($TRL_1 = 9$), у других $TRL = 6$. Таким образом, запишем матрицу готовности технологий:

$$\begin{bmatrix} TRL_1 \\ TRL_2 \\ TRL_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 9 \\ 6 \\ 6 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Все технологии в системе должны быть интегрированы между собой, что измеряется уровнем парной интегрированности (*IRL*, Integrated Readiness Level). Пусть технологии 2 и 3 находятся на завышающей фазе интеграции ($IRL_{23} = 7$), технологии 1 и 3 на начальной фазе ($IRL_{13} = 1$), а 2 и 1 вообще не интегрированы. В результате имеем матрицу интегрированности:

$$\begin{bmatrix} IRL_{11} & IRL_{12} & IRL_{13} \\ IRL_{21} & IRL_{22} & IRL_{23} \\ IRL_{31} & IRL_{32} & IRL_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 9 & 1 & 0 \\ 1 & 9 & 7 \\ 0 & 7 & 9 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Индекс готовности всей системы в целом можно определить как матричное произведение нормализованных матриц готовности и интегрированности $[TRL] \times [IRL] = [SRL]$. Нормализация производится путем деления элементов матриц на максимальное значение уровня, то есть на 9.

$$\begin{bmatrix} 1 & 0,11 & 0 \\ 0,11 & 1 & 0,78 \\ 0 & 0,78 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 \\ 0,67 \\ 0,67 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,07 \\ 1,30 \\ 1,19 \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Итоговый индекс получаем как:

$$SRL = \frac{1}{n} \left(\frac{SRL_1}{n} + \frac{SRL_2}{n} + \frac{SRL_3}{n} \right) = \frac{1}{3} \left(\frac{1,07}{3} + \frac{1,30}{3} + \frac{1,19}{3} \right) \approx 0,4. \quad (4)$$

Значения *SRL* меняются в диапазоне 0-1, максимальный уровень свидетельствует о завершении разработки и ее готовности к серийному производству.

Существует зависимость затраченного времени от достигнутого уровня готовности $T = f(SRL)$, которую можно выявить статистическими наблюдениями за реализацией проектов. Такая зависимость может быть аппроксимирована S-образной кривой (рис. 2), полученной с использованием уравнения (5):

$$T(SRL) = 1 / (1 + a_1 \times EXP(-a_2 \times SRL)), \quad (5)$$

где $a_{1,2}$ – регрессионные коэффициенты.

Постепенное наращивание *SRL* приводит к росту временных затрат. Эффективность управления проектом внедрения можно оценивать по отношению прироста времени реализации к приросту *SRL* чем он меньше, тем эффективнее процесс внедрения. При использовании регрессионного уравнения (5) эффективность управления определяется соотношением,

$$\frac{dT}{dSRL} = \frac{a_1 \times a_2 \times EXP(-a_2 \times SRL)}{[1 + a_1 \times EXP(-a_2 \times SRL)]^2}. \quad (6)$$

Большое значение производной будет свидетельствовать о сложностях прохождения данного этапа разработки. На практике полезнее знать не просто значение про-

¹ <https://prommash-test.ru>

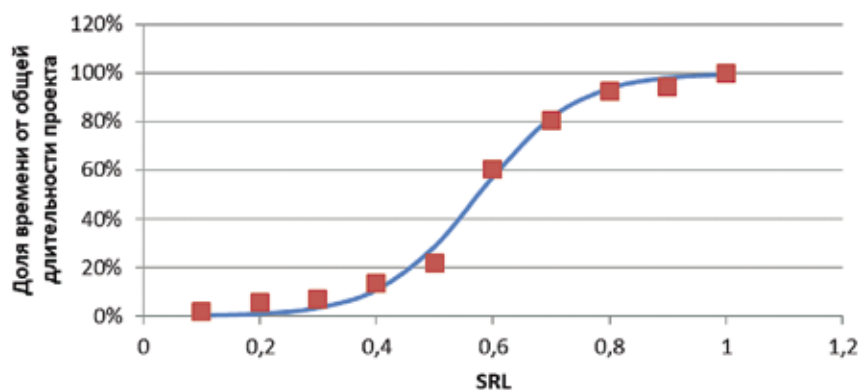


Рис. 2. Пример аппроксимации сроков реализации проекта в зависимости от достигнутого SRL

Fig. 2. An example of approximation of the project implementation time depending on the achieved SRL

изводной в точке, а прирост времени при прохождении каждого из девяти уровней SRL. Каждому уровню соответствует определенный диапазон значений коэффициентов SRL от k_1 до k_2 . В этом случае для анализа следует рассматривать уравнение (7):

$$dT = \int_{k_0}^{k_1} \frac{1}{1 + a_1 \times \text{EXP}(-a_2 \times \text{SRL})} d\text{SRL}. \quad (7)$$

Предлагаемая методика позволяет на объективной статистической основе сопоставлять разные проекты импортозамещения в ТЭК и определять чувствительность сроков проектов к различным влияющим факторам. Поскольку лабораторная база и вопросы сертификации имеют прямое отношение к срокам выполнения работ, то появляется возможность определить требуемые типы лабораторий и их количество для преодоления «узких мест» в жизненном цикле проектов.

В мировой практике анализ зависимости сроков и стоимости проектов от достигнутого SRL давно стал важным инструментом менеджмента. При надлежащем сборе статистической информации о реализации проектов ТЭК этот инструмент может стать полезным элементом оптимизации проектов развития импортозамещения в России.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог анализу проблем развития ТЭК и в частности угольной отрасли, следует отметить допущенные явные стратегические просчеты. Россия поздно осознала возможные угрозы от технологической зависимости. Рыночные механизмы стимулирования отечественных производителей к импортозамещению не позволили решить проблему, а административные требования на практике приводили к имитации импортозамещения. Научно-исследовательскую и производственную деятельности в отрасли следует рассматривать как непрерывный процесс создания инноваций – от появления идеи до освоения производства. Несмотря на формальное наличие необходимых предпосылок развития, в импортозамещении сохраняется узкое звено перехода от НИОКР к производству – испытательные стенды и полигоны, которое препятствует получению конечного результата. Преодоление этого барьера требует скорейшего развития инфраструктуры в форме развития системы испытательных лабора-

торий, полигонов, отраслевой стандартизации и сертификации. Единые и понятные правила деятельности лежат в основе интеграции субъектов экономической деятельности и роста конкурентоспособности их продукции. Угольная промышленность вполне может воспользоваться опытом смежного нефтегазового комплекса, который уже получает первые результаты от интеграции усилий в области импортозамещения. Также может быть полезен опыт реализации внедренческих проектов зарубежными компаниями, основанный на широком использовании метрик готовности технологий и систем.

Список литературы

1. План мероприятий по импортозамещению в отрасли тяжелого машиностроения Российской Федерации на период до 2024 года. Утвержден приказом Минпромторга России от 7 июля 2021 г. № 2486.
2. Таразанов И.Г., Губанов Д.А. Итоги работы угольной промышленности России за январь-сентябрь 2020 года // Уголь. 2020. № 12. С. 31-43. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-12-31-43.
3. Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 13 июня 2020 г. № 1582-р.
4. Плакиткина Л.С., Плакиткин Ю.А., Дьяченко К.И. Оценка импортозависимости российских угольных компаний от закупок зарубежного оборудования // Горная Промышленность. 2018. № 3. С.35-39.
5. ГОСТ Р 56861-2016. Система управления жизненным циклом. Разработка концепции изделия и технологий. Общие положения.
6. Инжиниринговые проекты в топливно-энергетическом комплексе России: актуальные проблемы, факторы и рекомендации по развитию / П.П. Цыгляну, Н.В. Ромашева, М.Л. Фадеева и др. // Уголь. 2023. № 3. С. 45-51. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-3-45-51.
7. Перечень испытательных лабораторий (центров), получивших разрешение на использование знака ILAC MRA. Национальная система аккредитации. URL: <https://fsa.gov.ru/infrastructure/mezhdunarodnoe-priznanie/kombinirovannyy-znak-akkreditatsii/perechen-ilac-mra/isp> (дата обращения: 15.06.2023).
8. Laboratory Testing Services Industry in the US – Market Research Report. 2022. URL: <https://www.ibisworld.com/united-states/market-research-reports/laboratory-testing-services-industry/> (дата обращения: 15.06.2023).

9. Андреева Н.Н. О создании полигонов для испытания оборудования. Союз нефтегазопромышленников России. URL: <https://www.tek-all.ru/tek-tv-video/2665> (дата обращения: 15.06.2023).
10. Роснедра в 2022 г. ожидают запуска 10 технологических полигонов во всех ключевых нефтегазовых бассейнах РФ. ИА Neftegaz. URL: <https://neftegaz.ru/news/gosreg/711024-rosnedra-v-2022-g-ozhidayut-zapuska-10-tekhnologicheskikh-poligonov-vo-vsekh-> (дата обращения: 15.06.2023).
11. ГОСТ Р 58048-2017. Трансфер технологий. Методические указания по оценке уровня зрелости технологий.

Original Paper

UDC 658.152.011.46:622.3 © N.E. Lebedeva, 2023

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 7, pp. 36-40

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-36-40>

Title

EFFECTIVENESS ASSESSMENT THE DEVELOPMENT OF THE INNOVATIVE INFRASTRUCTURE OF THE COAL INDUSTRY

Authors

Lebedeva N.E.¹

¹ Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, 125167, Russian Federation

Authors Information

Lebedeva N.E., PhD (Economic), Associate Professor of the Department of Industrial Markets Faculty of Economics and Business, e-mail: n.miravillegroup@gmail.com

Abstract

Russia's integration into the global economy quickly made it unprofitable to develop its own engineering and applied science in the fuel and energy sector, but the sanctions of 2014 forced us to think again about technical and technological independence. The measures taken by the state support have begun to correct the situation, but until now, a significant share of technological equipment remains imported, especially in the sphere of coal mining and processing. This indicates the insufficient effectiveness of the applied measures of sectoral development. The events of February 2022 forced most of the industrial sectors of the economy to adapt to the new conditions in an emergency manner, and many strategic miscalculations of the previous period were clearly manifested here. First of all, we are talking about the need to increase consistency in planning, create an innovative infrastructure in the form of a product certification system, testing laboratories and landfills.

Keywords

Coal industry, Import substitution, Certification, Testing laboratories, Research grounds, Project management, Performance evaluation.

References

1. Action plan for import substitution in the heavy machinery industry of the Russian Federation for the period up to 2024. Approved by the order of the Ministry of Industry and Trade of Russia dated July 7, 2021 N 2486.
2. Tarazanov I.G. & Gubanov D.A. Russia's coal industry performance for January – September, 2020. *Ugol'*, 2020, (12), pp. 31-43. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2020-12-31-43](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2020-12-31-43).
3. Program for the development of the Russian coal industry until 2035. Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation No. 1582-r dated June 13, 2020.

For citation

Lebedeva N.E. Effectiveness assessment the development of the innovative infrastructure of the coal industry. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 36-40. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2023-7-36-40](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-36-40).

Paper info

Received March 23, 2023

Reviewed June 14, 2023

Accepted June 26, 2023

INNOVATIONS

Региональные, муниципальные и корпоративные аспекты управления вахтовой миграцией в регионах Арктической зоны Российской Федерации*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-41-49>

В статье представлены обзор и анализ современных механизмов управления вахтовой миграцией, используемых на федеральном, региональном, муниципальном и корпоративных уровнях. Выявлены несбалансированность и несогласованность между федеральным, региональным, муниципальным и корпоративным уровнями управления процессами вахтовой миграции, что не способствует мотивации к постоянной жизни и работе в регионах российской Арктики и усиливает отток населения с данных регионов. Определены направления их взаимной интеграции и совершенствования на основе учета мнения вахтовых работников, собранного посредством проведенного опроса, о мотивах смены режима работы с вахтового на постоянный. Обосновывается необходимость создания единого нормативного документа на федеральном уровне для управления вахтовой миграцией, выделения в качестве отдельного объекта управления арктической внутрирегиональной вахты, уточняется распределение зон ответственности и их содержание между всеми уровнями управления для реализации единой, согласованной политики, способствующей достижению целей трансформации вахтовой миграции в источник пополнения арктического рынка труда для снижения уровня миграционной убыли населения в регионах российской Арктики.

Ключевые слова: вахта, миграция, Арктика, регион, государственное управление, региональное управление, муниципальное управление, корпоративное управление.

Для цитирования: Бажутова Е.А., Скуфьина Т.П. Региональные, муниципальные и корпоративные аспекты управления вахтовой миграцией в регионах Арктической зоны Российской Федерации // Уголь. 2023. № 7. С. 41-49. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-41-49.

ВВЕДЕНИЕ

Кадровое обеспечение развития территории российской Арктики является одним из ключевых условий достижения национальных стратегических целей. Выполнение данного условия

БАЖУТОВА Е.А.

Научный сотрудник

Института экономических проблем им. Г.П. Лузина
исследовательского центра
«Кольский научный центр Российской академии наук»,
184209, г. Апатиты, Россия,
e-mail: eabazhutova@mail.ru

СКУФЬИНА Т.П.

Главный научный сотрудник

Института экономических проблем им. Г.П. Лузина
исследовательского центра
«Кольский научный центр Российской академии наук»,
184209, г. Апатиты, Россия,
e-mail: skufina@gmail.com

* Статья подготовлена за счет гранта Российского научного фонда (проект № 19-18-00025).

требует пристального внимания ввиду продолжения действия отрицательного миграционного тренда, сложившегося в регионах АЗРФ, выражающегося в оттоке населения. Резервом для его изменения может выступить вахтовый метод работы, который уже широко применяется хозяйствующими субъектами российской Арктики, особенно в отрасли добычи полезных ископаемых. Несмотря на его широкое распространение, единого мнения относительно того, положительным или отрицательным эффектом он обладает для развития северных территорий, нет. Выделяют как плюсы применения вахтового метода работы, такие как экономическая эффективность при освоении труднодоступных месторождений, распределение денежных потоков между регионами, мультипликативный эффект на развитие социальной инфраструктуры и сферы услуг [1, 2, 3, 4, 5], так и минусы, выражающиеся прежде всего в негативных эффектах социальной жизни в местах применения вахты, проблемах медицинского характера вахтеров (здоровья и их психофизиологической адаптации), росте стоимости жизни и безработицы на местном рынке труда, вызывающей, в свою очередь, отток местного населения из таких регионов [6, 7]. Среди направлений исследования вахты сегодня можно выделить технико-экономическое обоснование ее применения [8, 9], социально-психологические и медицинские особенности вахтовиков [10, 11, 12, 13], организацию и нормативно-правовое регулирование вахты, в том числе вопросы оплаты труда вахтовых работников [7, 14].

При этом контекст управления вахтовой миграцией в регионах АЗРФ сегодня имеет предпосылки к изменению его рассмотрения не только с точки зрения организации данного процесса, но и как путь «заселения» Арктики. С этой позиции вахта выступает способом привлечения населения на Север и его удержания за счет реализации механизмов перевода с вахтового на постоянный метод работы. Подтверждением данного контекста выступило исследование, проведенное в период с мая по август 2022 г. среди работников-вахтовиков одного из крупных арктических предприятий. Посредством опроса как метода исследования были собраны ответы 50 ре-

спондентов относительно их мнения по вопросам готовности рассматривать регионы Арктики как места постоянного проживания и работы, отношения к вахтовому методу работы, готовности его сменить на постоянный метод работы и мотивов, которые могли бы повлиять на принятие такого решения [15].

В результате опроса было установлено, что около 47% от числа всех респондентов готовы сменить режим работы с вахтового на постоянный, при этом в большей степени это характерно для работников внутрирегиональной вахты (рис. 1).

Сегодня управление вахтовой миграцией имеет межуровневый подход и осуществляется на всех уровнях управления: федеральном, региональном, муниципальном и корпоративном. Синхронизация механизмов управления каждого уровня для обеспечения возможности трансформации вахтовой миграции в приток кадровых ресурсов в регионы российской Арктики является новой и актуальной научной задачей. Для ее решения требуется рассмотрение текущих инструментов влияния, оценки их воздействия как мотивов на поведение вахтовых работников и выработку рекомендаций, направленных на их совершенствование и усиление взаимодействия для достижения трансформационных целей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Основополагающие нормы и принципы вахтового метода работы закреплены на федеральном уровне, где управление вахтовой миграцией осуществляется через такие нормативные акты, как:

- Трудовой кодекс РФ (ст. 107, 110 ТК РФ; глава 47 ТК РФ; ч. 1 ст. 297 ТК РФ, ст. 298 ТК РФ, ст. 299 ТК РФ, ст. 300 ТК РФ, ст. 301 ТК РФ; ст. 302 ТК РФ «Гарантии и компенсации лицам, работающим вахтовым методом»), определяющий вахтовый режим работы в рамках трудовых отношений;
- Налоговый кодекс РФ от 31.07.1998 № 146-ФЗ (ст. 264), устанавливающий условия и порядок налогообложения затрат на содержание вахтовых и временных поселков, включая объекты жилищно-коммунального и социально-бытового назначения;

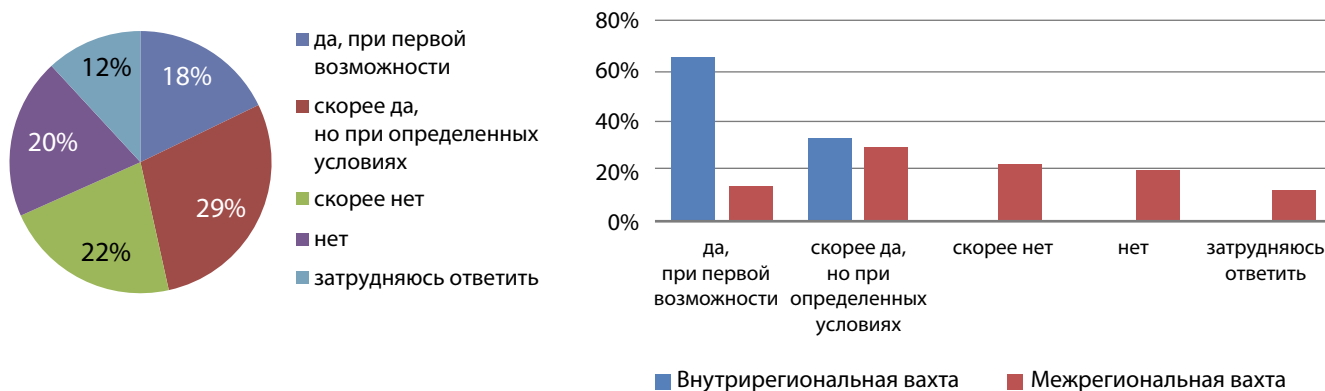


Рис. 1. Распределение ответов респондентов о готовности перехода с вахтового на постоянный метод работы в целом (а) и в разрезе видов вахты (б)

Fig. 1. Distribution of respondents' answers regarding their readiness to shift from the rotation system to full-time work in general (a) and by the type of the rotation system (b)

– Федеральные законы, которые вносят изменения в основные положения Трудового и Налогового кодексов РФ;

– Постановления Правительства РФ (Временные правила работы вахтовым методом, утвержденные Постановлением Правительства РФ от 28.04.2020 № 601; Постановление Правительства РФ от 3 февраля 2005 г. № 51 «О размерах и порядке выплаты надбавки за вахтовый метод работы работникам федеральных государственных органов и федеральных государственных учреждений» (с изменениями и дополнениями); Постановление Госкомтруда СССР, ВЦСПС, Минздрава СССР от 31.12.1987 № 794/33-82 «Об утверждении основных положений о вахтовом методе организации работ»);

– Федеральные проекты и программы, имеющие цель привлечения трудовых ресурсов в регионы российской Арктики и Дальнего Востока («Арктический вызов»¹ – масштабная федеральная программа по целевому привлечению высококвалифицированных специалистов и руководителей в города Арктической зоны Российской Федерации, Программа повышения мобильности трудовых ресурсов², утверждена Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 04.06.2015 № 343н и представляет собой совокупность требований к содержанию региональной программы повышения трудовой мобильности);

– Письма и методические рекомендации федеральных органов исполнительной власти (например, Письмо государственной инспекции труда в г. Москве от 19.05.2020 № 77/10-18059-ОБ/18-1299; письмо Департамента налоговой и таможенно-тарифной политики Минфина России от 22 февраля 2008 г. № 03-04-06-02/22), носящие разъяснительный и уточняющий характер действующих норм в части регулирования вахтового метода работы.

Несмотря на достаточно большой перечень действующих сегодня федеральных норм, регулирующих вопросы вахтовой миграции, большинство экспертов и исследователей отмечают их недостаточность для эффективного управления [16]. При этом ключевой проблемой неэффективности, на наш взгляд, является как таковое отсутствие целей управления данным процессом на федеральном уровне и единого документа, систематизирующего все указанные нормативные акты в целостную систему управления вахтой на уровне страны, что вызывает дальнейшую дифференцированность и неопределенность реализации данного процесса на региональном, муниципальном и корпоративном уровнях, обуславливая законодательные пробелы по определенным аспектам организации вахтового метода работы: охраны труда, вахтовых поселков, социальных аспектов жизни вахтовиков и др. [17].

Другим важным предметом регулирования вахтовой миграции на федеральном уровне является предоставление льгот и компенсаций таким работникам, в особенности трудящимся в районах Крайнего Севера.

Государственные гарантии и компенсации лицам, работающим в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях, устанавливаются ТК РФ, Законом РФ от 19.02.1993 № 4520-1 «О государственных гарантиях и компенсациях для лиц, работающих и проживающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях», другими федеральными законами и иными нормативными правовыми актами РФ. Дополнительные гарантии и компенсации, указанным лицам могут устанавливаться законами и иными нормативными правовыми актами субъектов РФ, нормативными правовыми актами органов местного самоуправления, коллективными договорами, соглашениями, локальными нормативными актами, исходя из финансовых возможностей соответствующих субъектов РФ, органов местного самоуправления и работодателей (ст. 313 ТК РФ).

При этом свою специфику имеет предоставление работникам, выполняющим работу вахтовым методом, гарантий и компенсаций за работу в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях.

При внутрирегиональном вахтовом методе, т.е. когда работники проживают и работают в указанных районах, на них в полном объеме распространяются гарантии и компенсации, установленные для лиц, работающих в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях (гл. 50 ТК). Иначе обстоит дело при межрегиональном вахтовом методе, когда работники постоянно проживают за пределами районов Севера, но регулярно выезжают для работы в эти районы. Поскольку воздействие экстремальных природно-климатических факторов на человека в данном случае меньше, чем при постоянном проживании на Севере, этим работникам предоставляются лишь отдельные гарантии и компенсации за работу на Севере, а именно процентные надбавки к заработной плате и дополнительные отпуска в порядке и на условиях, которые предусмотрены для лиц, постоянно работающих в указанных районах и местностях. Их размер дифференцирован для 2 групп районов: районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей [18].

Размер и порядок выплаты надбавки за вахтовый метод работы на предприятиях устанавливаются коллективным договором, локальным нормативным актом, принимаемым с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации, трудовым договором (ТК РФ Статья 302). В коллективном договоре или локальном нормативном акте организации (например, положении о вахтовом методе организации работ) работодатель также может закреплять иные компенсации и льготы для работников вахты (например, оплата проезда работника от места его жительства до пункта сбора и обратно, выплата материальной помощи, предоставление санаторно-курортного лечения и другие).

Таким образом, изначальные условия государственной политики в части регулирования вахтового метода работы учитывают необходимость дифференцированного управления разными видами вахты. Однако возможности дополнения и расширения установленного пакета гарантий и компенсаций на следующих уровнях управления могут

¹ Интернет-ссылка: <https://xn----7sbhamodbjgc7cqrm5fvd.xn--p1ai/#about>.

² Интернет-ссылка: <https://trudvsem.ru/information-pages/mobility-program>.

приводить к нивелированию данных различий и сведению их мотивационной составляющей к минимуму.

На региональном уровне решениями губернаторов и областных правительств вводятся уточняющие подзаконные акты, определяющие исполнение принятых федеральных норм на уровне региона. Примерами таких региональных нормативных актов являются: Постановление губернатора ЯНАО от 06.04.1999 № 262 об утверждении формы окружного государственного статистического наблюдения за численностью работающих вахтовым методом; Закон Чукотского АО от 27 января 2000 года № 06-ОЗ «О вахтовом методе работы на территории Чукотского автономного округа» или Закон Ненецкого АО от 5 ноября 1999 г. № 199-ОЗ «О вахтовом методе работы на территории Ненецкого автономного округа. Важно отметить, что подобные региональные нормативные акты есть не у всех регионов, применяющих вахтовый метод работы. Единая нормотворческая инициатива среди регионов произошла в 2020 г. в условиях ухудшения эпидемиологической ситуации в стране из-за распространения вируса COVID-19 и связана была с выпуском Временных правил работы вахтовым методом, утвержденных Постановлением Пра-

вительства РФ от 28.04.2020 № 601, обязывающего все регионы ввести данный порядок работы. В то же время именно на уровне региона должны и могут уточняться мотивационные составляющие, позволяющие воздействовать на поведение и мотивы вахтовых работников сменить вахтовый режим работы на постоянный. Данный вывод подтверждают и результаты опроса вахтовых работников, согласно которым на первые места выходят государственные социальные льготы и преференции, связанные с реализацией жилищных программ, компенсацией переезда, как механизмы, характерные для регионального уровня управления (рис. 2).

Также на уровне регионов должны утверждаться принципы приоритетного набора на вахту местного населения для развития внутрирегиональной вахты и меры по обеспечению его выполнения. При этом они должны не только декларироваться, но и контролироваться и поддерживаться к реализации региональными органами власти. В ином случае отсутствие учета указанных аспектов приводит к низкому проценту использования местной рабочей силы (работников, постоянно проживающих на территории, относительно приезжающих из других регионов страны). Так, например, для Чукотского АО, имеющего в своем региональном законе пункт о приоритетном наборе на вахту местного населения, численность работающих вахтовым методом в 4,5 раза превышает численность безработного населения Чукотского АО [19]. В свою очередь это, несомненно, усиливает отток населения из арктических регионов и вызывает множество иных негативных социально-экономических проблем. Стоит отметить, что и в проведенном опросе программы занятости населения наиболее привлекательными для смены режима работы были именно для работников межрегиональной вахты (рис. 3), что можно объяснить необходимостью решения трудоустройства семьи при переезде в новый регион для постоянной работы, а также гарантированного обеспечения рабочими местами.

С точки зрения компенсации переезда в большинстве случаев данная льгота раскрыта в целом для всех категорий лиц, привлекаемых для работы в регионы Арктики,

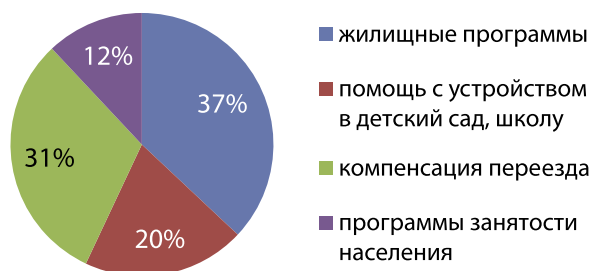


Рис. 2. Распределение оценок респондентов привлекательности государственных социальных льгот и преференций относительно смены режима работы с вахтового на постоянный

Fig. 2. Distribution of respondents' views on the attractiveness of the state social benefits and preferences in relation to shifting from rotation system to full-time work

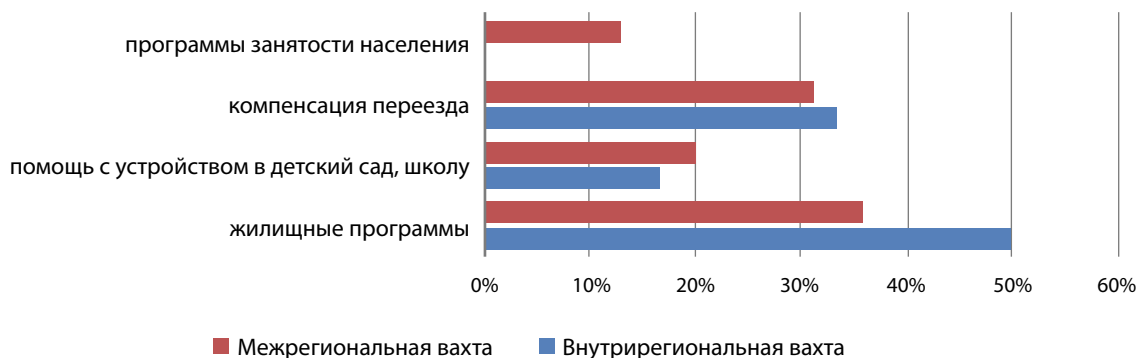


Рис. 3. Распределение оценок респондентов в разрезе видов вахты по привлекательности государственных социальных льгот и преференций относительно смены режима работы с вахтового на постоянный

Fig. 3. Distribution of respondents' views on the attractiveness of the state social benefits and preferences in relation to shifting from rotation system to full-time work by the type of the rotation system

при этом абсолютно не раскрыта и не уточнена с точки зрения вахтовых работников в контексте смены их режима работы на постоянный. Например, в Республике Коми для привлечения и трудоустройства специалистов работодатели осуществляют следующие меры поддержки: оплата стоимости транспортных расходов по переезду к месту работы, оплата расходов, связанных с провозом личного имущества, выплата единовременного пособия на обустройство, оплата найма или аренды жилого помещения, выплата работнику, не имеющему стажа работы, надбавки к заработной плате за работу в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностях в размере до 80% установленного работодателем должностного оклада [20]. С одной стороны, такая позиция создает максимально общие условия для приема приезжих специалистов, но, с другой стороны, явно не выделяет возможности как для повышения внутрирегиональной мобильности (при рассмотрении работников, проживающих в том же регионе, но другом муниципальном образовании), так и для межрегиональной вахты как мотивации к переезду в менее благоприятные по климату регионы, поскольку большинство

из данных льгот становятся доступными и без необходимости изменения режима работы.

На муниципальном уровне регулирование вахтового метода работы возможно с точки зрения установления надбавок, гарантий и компенсаций (например, Решение Совета депутатов МО город Кировск от 29.04.2009 № 28 «Об утверждении Положения о гарантиях и компенсациях для лиц, работающих в организациях, финансируемых из бюджета города Кировска»). При этом практическое применение данного рычага незначительно. В то же время для вахтовых работников наибольшее значение имеют усилия, предпринимаемые муниципалитетом с точки зрения развития городской инфраструктуры, обеспечения доступности муниципальных услуг: устройство в детский сад, школу, работа системы здравоохранения и прочее (рис. 4, рис. 5).

Корпоративный уровень имеет больше инструментов влияния на вахтовую миграцию, чем муниципальный, поскольку именно в локальных нормативных актах работодателя (коллективном договоре, положениях о вахтовом методе работы) устанавливаются конкретный порядок организации, ее работы, размеры компенсационных выплат, а также иные корпоративные социальные гарантии, предоставляемые работникам вахты в конкретной компании. Так, например, работники, выезжающие для выполнения работ вахтовым методом в районы Крайнего Севера и приравненные к ним местности из других (несеверных) районов, права на получение компенсации расходов на оплату стоимости проезда и провоза багажа к месту использования отпуска и обратно не имеют, если иное не предусмотрено коллективным договором, локальными нормативными актами, принимаемыми с учетом мнения выборных органов первичных профсоюзных организаций, трудовыми договорами [21].

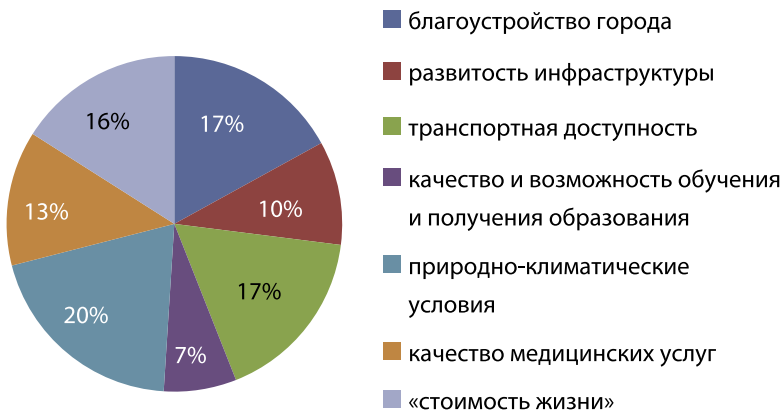


Рис. 4. Распределение ответов респондентов по оценке влияния факторов «городской среды» относительно смены режима работы с вахтового на постоянный

Fig. 4. Distribution of respondents' answers regarding the impact of the «urban environment» factors on the shift from the rotation system to full-time work

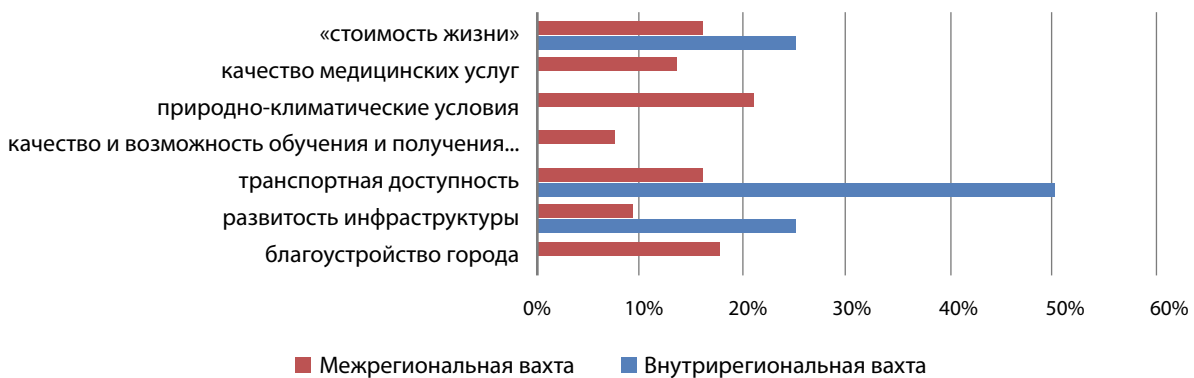


Рис. 5. Распределение ответов респондентов по оценке влияния факторов «городской среды» относительно смены режима работы с вахтового на постоянный в разрезе видов вахты

Fig. 5. Distribution of respondents' answers regarding the impact of the «urban environment» factors on the shift from the rotation system to full-time work by the type of the rotation system

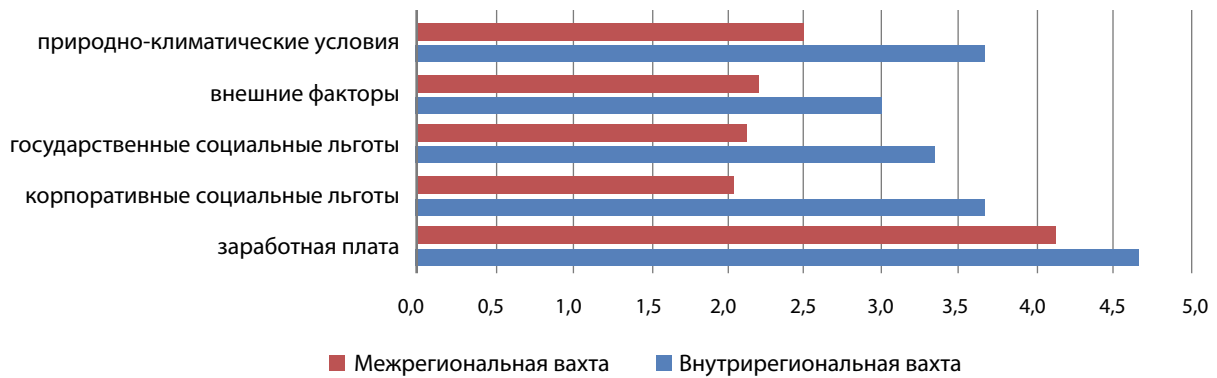


Рис. 6. Распределение ответов респондентов по степени влияния разноуровневых условий на мотивацию смены режима работы в разрезе видов вахты

Fig. 6. Distribution of respondents' answers regarding the degree of impact of the multilevel environment on the motivation to change the work mode by the type of the rotation system

Сегодня в условиях высокой конкуренции за кадры крупные компании расширяют пакеты корпоративных социальных благ, гарантий и компенсаций, в том числе на работников вахты, делая их доступными им, как и для постоянных работников. При этом такие условия выравнивают позиции вахтового и постоянного метода работы, уменьшая их стимулирующий характер с точки зрения достижения трансформационных целей. Ввиду этого требуется усиление дифференциации содержания корпоративных социальных пакетов для работников постоянного метода работы, внутрирегионального и межрегионального в случае наличия заинтересованности работодателей в целях трансформации вахтового режима работы в постоянный. Наличие потенциального резерва в использовании данного инструмента подтверждают результаты опроса вахтовых работников, согласно которым корпоративные социальные льготы наиболее важны при при-

ятии решения о смене режима работы, особенно для работников внутрирегиональной вахты (рис. 6).

Среди корпоративных социальных льгот наибольшую важность имеют жилищные, медицинские, санаторно-курортные, а также досуговые программы и программы материальной помощи. При этом процентное распределение оценок между работниками межрегиональной и внутрирегиональной вахты совпадает, что доказывает важность данных направлений для всех работников (рис. 7, рис. 8).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявленная несбалансированность в межуровневых механизмах управления вахтовой миграцией обуславливает необходимость разработки и введения отдельного нормативного акта для регулирования вахтового метода работы на федеральном уровне, учитывающего все возможные контексты его реализации с точки зрения особенностей организации во взаимосвязи с основополагающими нормативными документами ТК РФ, НК РФ, ГК РФ, Градостроительного кодекса РФ, Постановлениями Ростехнадзора, Министерства труда и социальной защиты и т.д. Данный нормативный документ должен устанавливать единую политику управления вахтой на всех уровнях управления, определения механизмов и инструментов управления ею на местах, устанавливая принцип дифференцированного подхода к управлению разными видами вахты, создавая базу для реализации перехода с вахтового на постоянный режим работы для регионов, имеющих низкие показатели трудовой активности и мобильности. Сегодня к таким регионам относятся территории Дальнего Востока и Арктики. Для данных регионов должны действовать особые условия регулирования, способствующие трансформации вахты и превращения ее в резерв для кадрового обеспечения регионального рын-

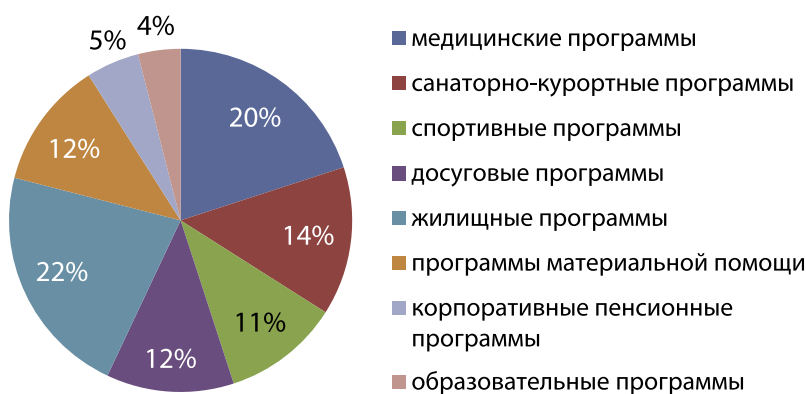


Рис. 7. Распределение ответов респондентов на вопрос об оценке привлекательности видов корпоративных социальных льгот и предпочтений относительно смены режима работы с вахтового на постоянный

Fig. 7. Distribution of respondents' answers on the attractiveness of types of corporate social benefits and preferences regarding the shift from the rotation system to full-time work

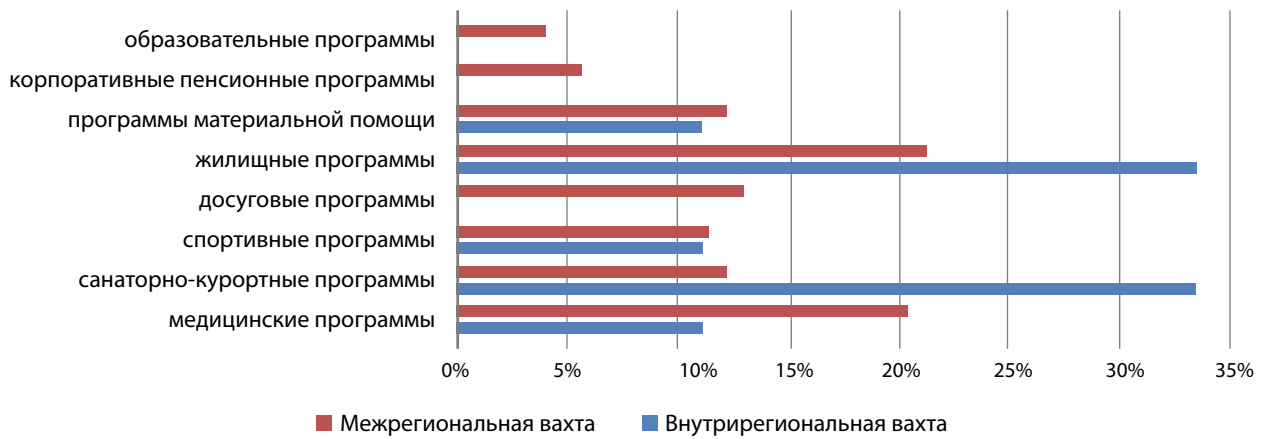


Рис. 8. Распределение ответов респондентов на вопрос об оценке привлекательности видов корпоративных социальных льгот и предпочтений относительно смены режима работы с вахтового на постоянный в разрезе видов вахты

Fig. 8. Distribution of respondents' answers on the attractiveness of types of corporate social benefits and preferences regarding the shift from the rotation system to full-time work by the type of the rotation system

ка труда. Одним из таких условий видится введение и узаконивание нового вида вахты – «Арктическая внутрирегиональная вахта».

«Арктическая внутрирегиональная вахта» – отдельно выделенный вид вахты, привлекаемый для постоянного проживания в Арктике, в ее городах-базах из других регионов и стран и продолжения трудиться вахтовым методом на удаленных и менее освоенных территориях АЗРФ, выступающий таким образом источником пополнения внутрирегиональной вахты. Введение данного вида вахты позволило бы решить проблемы, связанные с психолого-физиологической адаптацией работников в северных широтах, нивелировало социальные проблемы возникающие из-за девиантного поведения вахтовиков ввиду действия фактора «не местного», улучшило экономические аспекты труда вахты в регионе с точки зрения дополнительных налоговых поступлений в местный бюджет, оптимизировало затраты компаний на содержание вахтовых работников относительно расходов на компенсацию дороги от места жительства до места нахождения работодателя (пункта сбора). Механизм управления «Арктической внутрирегиональной вахтой» будет определяться соответствующей государственной политикой, скоординированной на федеральном, региональном, муниципальном и корпоративном уровнях.

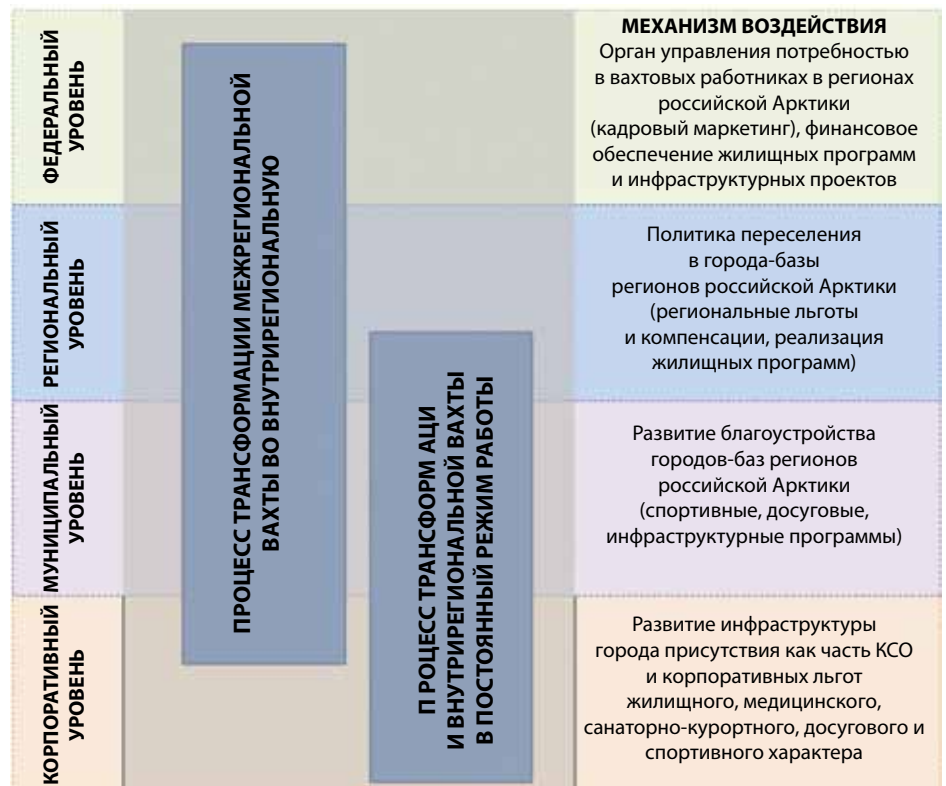


Рис. 9. Схема механизма межуровневого взаимодействия и управления Арктической внутрирегиональной вахтой

Fig. 9. A diagram of the inter-level interaction and management mechanism of the Arctic intra-regional rotational system

На федеральном уровне должен быть создан орган управления, в функции которого входят учет и присвоение статуса таким вахтовикам и городам-базам Арктики, трудовой маркетинг с точки зрения их зачисления в данную категорию и определения мест для работы, распределение по городам-базам Арктики как по местам постоянного проживания. Региональный уровень дол-

жен решать задачи по обеспечению жильем и помощи в переезде. На муниципальном уровне должны быть обеспечены возможности удовлетворения запросов вахтовых работников в досуге и спорте и созданы условия для комфортного проживания за счет создания и поддержания благоустройства городской среды. При этом корпоративная составляющая также должна быть задействована с точки зрения взаимодействия с муниципалитетом по льготным условиям предоставления услуг досуга и спорта, и реализации совместных проектов по развитию инфраструктуры города как части корпоративной социальной ответственности. В общем виде описанный механизм управления вахтовой миграцией для регионов АЗРФ на основе согласованного межуровневого взаимодействия представлен на рис. 9.

Дальнейшее исследование представленного вопроса будет связано с разработкой конкретных инструментов и положений возможных для применения на каждом из указанных уровней управления, на основе анализа имеющихся отечественных и зарубежных практик привлечения и удержания трудовых ресурсов в регионах Арктики, а также оценки данных практик на основе углубленного интервью с экспертами на возможность их практической реализуемости.

Список литературы

- Eilmsteiner-Saxinger G., Nuykina E., Oefner E. The Role of Long-Distance Commute Work in Connecting the Northern with Central Russian Regions: Influences on the host (Vorkuta, Novy Urengoy) and the home communities (in the Republic of Bashkortostan). In: Russia's Arctic Cities: State Policies, Resource Development, and Climate Change, 2016.
- Eilmsteiner-Saxinger G. We Feed the Nation: Benefits and Challenges of Simultaneous Use of Resident and Long-distance Commuting Labour in Russia's Northern Hydrocarbon Industry // Journal of Contemporary Issues in Business & Government. 2011. Vol. 17. P. 53-67.
- Storey K., Shrimpton M. «Fly-In» Mining and Northern Development Policy: The Impacts of Long-Distance Commuting in the Canadian Mining Sector // Impact Assessment. 1988. Vol. 6. P. 127-136. DOI:10.1080/07349165.1988.9725640.
- Логинов В.Г. Вахтовый метод как основной источник рабочей силы для освоения нефтегазовых ресурсов заполярных районов Арктики // Известия Уральского государственного горного университета. 2021. Вып. 2. С. 191-201. DOI: 10.21440/2307-2091-2021-2-191-201.
- Сапожников П.С., Чудновский А.Д. Вахтовый метод освоения природных ресурсов Севера. М.: Недра, 1988. 155 с.
- Нуйкина Е.В. Влияние вахтового метода работы на принимающие города российского Севера (на примере города Воркуты) // Известия Коми научного центра УРО РАН. 2013. № 2. С.107-116.
- Чушкина М.С. Оценка механизмов управления вахтовой миграцией в регионах арктической зоны России на примере Республики Саха (Якутия) // Городские исследования и практики. 2020. Т. 5. № 1. С. 117-134.
- Финансовые аспекты использования вахтового метода в Арктическом регионе (на примере Ямало-Ненецкого автономного округа) / В.Г. Логинов, Е.А. Захарчук, А.Ф. Пасынков и др. // Креативная экономика. Т. 14. № 12. 2020. С. 3581-3600. DOI: 10.18334/се.14.12.111378: 10.18.
- Захарчук Е.А. Влияние промышленного освоения арктических территорий на финансовое развитие муниципальных образований // Региональная экономика и управление: электронный научный журнал. 2021. № 1. 6501. URL: <https://eee-region.ru/article/6501/> (дата обращения: 15.06.2023).
- Jensen P.E., Hennessy T.W., Kallenborn R. Water, sanitation, pollution, and health in the Arctic // Environ SciPollutRes Int., 2018, 25 (33): 32827-32830.
- Силин А.Н. Социологические аспекты вахтового труда на территориях севера Западной Сибири // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2015. № 4. С. 109-123. DOI: 10.15838/2015.4.40.7.
- Эколого-социальные аспекты вахтового метода организации труда при освоении газоконденсатных месторождений заполярья / Ю.П. Сорокин, А.С. Береславский, П.Ю. Молчанов и др. // Записки горного института, т.151. 2002. С. 36-39.
- Гудков А.Б. Адаптивные реакции организма вахтовых рабочих в Арктике // Вестник Северного (Арктического) Федерального Университета. Серия: естественные науки. 2012. № 1. С. 65-70.
- Балашова Н.В. Вахтовый метод организации работ: особенности применения // Экономика труда. 2021. Т. 8. № 4. С. 459-473.
- Бажутова Е.А. Вахта как резерв для трансформации миграционных процессов в регионах Арктической зоны Российской Федерации // Север и рынок: формирование экономического порядка. 2022. № 4. С. 148-166. DOI: 10.37614/2220-802X.4.2022.78.011.
- Силин А.Н. Вахтовый труд в Арктике: социально-пространственный дискурс: Монография. Минобрнауки России, ТИУ. Тамбов: Консалтинговая компания Юком, 2021. 88 с.
- Попова О.В. Социальные аспекты нормативно-правового регулирования вахтового труда в северных регионах // Теория и практика общественного развития. 2021. № 12. С. 104-109. DOI: 10.24158/tipor.2021.12.13.
- Фаузер В.В., Назарова И.Г. Российский Север: проблемы работающих вахтовым методом и государственная политика переселений // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2011. № 2. URL: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_18081769_76340615.pdf (дата обращения: 15.06.2023).
- Кулик Н.И. Особенности развития рынка труда в зонах опережающего экономического развития Чукотского АО // Мир науки, культуры, образования. 2012. № 6. С. 92-95.
- Постановление Правительства Республики Коми от 8 сентября 2021 года № 433 «Об утверждении региональной программы Республики Коми «Повышение мобильности трудовых ресурсов».
- Трудовой кодекс РФ.

Original Paper

UDC 338.9:658.387.211 © E.A. Bazhutova, T.P. Skufina, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 7, pp. 41-49
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-41-49>

Title
**REGIONAL, MUNICIPAL AND CORPORATE ASPECTS OF MANAGEMENT OF THE SHIFT MIGRATION
 IN THE REGIONS OF THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION**

AuthorsBazhutova E.A.¹, Skufina T.P.¹

¹ Luzin Institute for Economic Problems of the North Federal Research Centre «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences», Apatity, 184209, Russian Federation

Authors information

Bazhutova E.A., Researcher, e-mail: eabazhutova@mail.ru
Skufina T.P., Chief Researcher, e-mail: skufina@gmail.com

Abstract

The article presents an overview and analysis of modern mechanisms for managing rotational migration used at the federal, regional, municipal and corporate levels. The imbalance and inconsistency between the federal, regional, municipal and corporate levels of management of the processes of rotational migration is revealed, which does not contribute to the motivation for permanent life and work in the regions of the Russian Arctic and increases the outflow of the population from these regions. The directions of their mutual integration and improvement are determined on the basis of taking into account the opinion of shift workers, collected through a survey, on the motives for changing the mode of work from shift to permanent. The necessity of creating a single regulatory document at the federal level for the management of rotational migration, the allocation of the Arctic intra-regional rotation as a separate object of management is substantiated, the distribution of areas of responsibility and their content between all levels of management is clarified to implement a single coordinated policy that contributes to the achievement of the goals of transformation of rotational migration into a source of replenishment the Arctic labor market to reduce the level of migration loss of the population in the regions of the Russian Arctic.

Keywords

Shift, migration, Arctic, Region, Public management, Regional management, Municipal management, Corporate management.

References

- Eilmsteiner-Saxinger G., Nuykina E. & Oefner E. The Role of Long-Distance Commute Work in Connecting the Northern with Central Russian Regions: Influences on the host (Vorkuta, Novy Urengoy) and the home communities (in the Republic of Bashkortostan). In *Russia's Arctic Cities: State Policies, Resource Development, and Climate Change*, 2016.
- Eilmsteiner-Saxinger G. We Feed the Nation: Benefits and Challenges of Simultaneous Use of Resident and Long-distance Commuting Labor in Russia's Northern Hydrocarbon Industry. *Journal of Contemporary Issues in Business & Government*, 2011, (17), pp. 53-67.
- Storey K. & Shrimpton M. "Fly-In" Mining and Northern Development Policy: The Impacts of Long-Distance Commuting in the Canadian Mining Sector. *Impact Assessment*, 1988, (6), pp. 127-136. DOI: 10.1080/07349165.1988.9725640.
- Loginov V.G. Shift method as the main source of labor force for the development of oil and gas resources in the polar regions of the Arctic. *Bulletin of the Ural State Mining University*, 2021, (2), pp. 191-201. (In Russ.). DOI: 10.21440/2307-2091-2021-2-191-201.
- Sapozhnikov P.S. & Chudnovsky A.D. Shift method of development of natural resources of the North. Moscow, Nedra Publ., 1988, 155 p. (In Russ.)
- Nuikina E.V. Influence of the rotational method of work on the host cities of the Russian North (on the example of the city of Vorkuta). *News of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2013, (2), pp.107-116. (In Russ.)
- Chushkina M.S. Evaluation of mechanisms for managing rotational migration in the regions of the Arctic zone of Russia on the example of the Republic of Sakha (Yakutia). *City Research and Practice*, 2020, Vol. 5, (1), pp. 117-134. (In Russ.)
- Loginov V.G., Zakharchuk E.A., Pasyukov A.F. & Maksimchik M.A. Financial aspects of using the rotational method in the Arctic region (on the example of

- the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug). *Creative Economy*, 2020, Vol. 14, (12), pp. 3581-3600. (In Russ.). DOI: 10.18334/se.14.12.111378: 10.18.
- Zakharchuk E.A. Influence of industrial development of the Arctic territories on the financial development of municipalities. *Regional economy and management: electronic scientific journal*, 2021, (1), 6501. Available at: <https://eee-region.ru/article/6501/> (accessed 15.06.2023). (In Russ.)
- Jensen P.E., Hennessy T.W. & Kallenborn R. Water, sanitation, pollution, and health in the Arctic. *Environ Sci Pollut Res Int.*, 2018, 25(33): 32827-32830.
- Silin A.N. Sociological aspects of shift work in the territories of the north of Western Siberia. *Economic and social changes: facts, trends, forecast*, 2015, (4), pp. 109-123. (In Russ.). DOI: 10.15838/2015.4.40.7.
- Sorokin Yu.P., Bereslavsky A.S., Molchanov P.Yu. & Pisarev A.A. Ecological and social aspects of the rotational method of organizing labor in the development of gas condensate fields in the Arctic. *Notes of the Mining Institute*, 2002, (151), pp. 36 – 39. (In Russ.)
- Gudkov A.B. Adaptive reactions of the body of shift workers in the Arctic. *Bulletin of the Northern (Arctic) Federal University. Series: natural sciences*, 2012, (1), pp. 65-70. (In Russ.)
- Balashova N.V. Shift method of work organization: application features. *Labor Economics*, 2021, Vol. 8, (4), pp. 459–473. (In Russ.)
- Bazhutova E.A. Watch as a reserve for the transformation of migration processes in the regions of the Russian Arctic. *The North and the market: the formation of an economic order*, 2022, (4), pp. 148-166. (In Russ.). DOI: 10.37614/2220-802X.4.2022.78.011.
- Silin A.N. Shift work in the Arctic: socio-spatial discourse: Monograph. Ministry of Education and Science of Russia, TIU. Tambov, Yukom Consulting Company, 2021, 88 p. (In Russ.)
- Popova O.V. Social aspects of legal regulation of shift work in the northern regions. *Theory and practice of social development*, 2021, (12), pp. 104-109. (In Russ.). DOI: 10.24158/tipor.2021.12.13.
- Fauzer V.V. & Nazarova I.G. The Russian North: problems of workers on a rotational basis and the state policy of resettlement. *Corporate governance and innovative development of the economy of the North: Bulletin of the Research Center for Corporate Law, Management and Venture Investment of Syktyvkar State University*, 2011, (2), Available at: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_18081769_76340615.pdf (accessed 15.06.2023). (In Russ.)
- Kulik N.I. Features of the development of the labor market in the zones of advanced economic development of the Chukotka Autonomous Okrug. *World of Science, Culture, Education*, 2012, (6), pp. 92-95. (In Russ.)
- Decree of the Government of the Republic of Komi dated September 8, 2021 No. 433 "On approval of the regional program of the Republic of Komi "Increasing the mobility of labor resources".
- Labor Code of the Russian Federation.

Acknowledgements

The article was prepared by the Russian Science Foundation Grant No. 19-18-00025.

For citation

Bazhutova E.A. & Skufina T.P. Regional, municipal and corporate aspects of management of the shift migration in the regions of the Arctic zone of the Russian Federation. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 41-49. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-41-49.

Paper info

Received February 2, 2023

Reviewed June 14, 2023

Accepted June 26, 2023

К методике расчета горного давления у короткого забоя

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-50-55>

АКИЖАНОВА Ж.Т.

Докторант кафедры
«Разработка месторождений полезных ископаемых»
НАО «Карагандинский технический университет
им. А. Сагинова,
100017, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: Kakim08@mail.ru

ЖЕТЕСОВА Г.С.

Доктор техн. наук, профессор
НАО «Карагандинский технический университет
им. А. Сагинова»,
100012, г. Караганда, Республика Казахстан,
Email: zhetesova@mail.ru

БЕЙСЕМБАЕВ К.М.

Доктор техн. наук, профессор
кафедры «Технологическое оборудование,
машиностроение и стандартизация»
НАО «Карагандинский технический университет
им. А. Сагинова»,
100017, г. Караганда, Казахстан,
e-mail: Kakim08@mail.ru

БУЯЛИЧ Г.Д.

Доктор техн. наук,
профессор Кузбасского государственного
технического университета,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: gdb@kuzstu.ru

НОКИНА Ж.Н.

Старший преподаватель кафедры
«Технологическое оборудование,
машиностроение и стандартизация»
НАО «Карагандинский технический университет
им. А. Сагинова»,
100017, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: Kakim08@mail.ru

Рассмотрены методики лавной, короткозабойной выемки методом конечных элементов в Ansys для статических систем и в Adams для определения взаимодействия динамически смещающейся кровли с крепью с учетом ее конструкции и связей со слоями пород, включая и блокообразование в кровле. Установлены влияния крепи в режиме деформации и активного распора на распределение горного давления в глубину пласта в зоне опорного давления. Ее максимальное влияние зафиксировано при отслоении основной кровли и ее поперечном разломе. Модель камерной выемки должна быть объемной с возможностями быстрого изменения конфигурации расположения целиков, выработок и имитации подвигания забоя при неизменном расстоянии между забоем, зонами сдвижения и краем модели со стороны забоя.

Ключевые слова: опорное давление, крепь, активный распор, режим деформации, поперечный облом, отслоение.

Для цитирования: К методике расчета горного давления у короткого забоя / Ж.Т. Акижанова, Г.С. Жетесова, К.М. Бейсембаев и др. // Уголь. 2023. № 7. С. 50-55. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-50-55.

ВВЕДЕНИЕ

При лавной выемке угля горное давление определяют на основе плоских решений для однородного пласта. Объемные решения требуются при его разрывных нарушениях, на сопряжениях и при короткозабойной выемке. Но в них не учитывается динамическое сдвижение кровли после отделения от основного массива пород. Расчеты учитывают три вида обрушения пород: с периодическим обрушением и формированием их ступенчатого профиля вплоть до земной поверхности; с плавным опусканием пород на обрушенные и при сводообразовании [1]. При камерной выемке шириной 10-20 м может иметь место сдвижение пород по типу лавы в том случае, если крепится штрек, где расположен конвейер, а остальная их часть над забоем обрушается. Такие же особенности могут быть при выемке камеры с боковым уступом с разворотом забоя для выемки обратным ходом. При обычных камерах до 6 м образуется череда целиков, и пространство камер закреплено только в рабочей камере. Если целики оставляются тонкими и они, начиная от первого, постепенно разрушаются, вызывая обрушение кровли в

направлении к работающей камере, то последовательные обрушения (аналогия периодического обрушения в лаве) будут реализовываться у максимально отдаленной от начала столба стенки рабочей камеры, которая теперь является аналогом забоя лавы. Ее тонкий целик влияет на НДС, как забойная крепь. Таким образом, реализуются все три вида сдвижения кровли. Существенная разница моделей будет при поддержании отработанных камер (всех или частично), когда их используют для производственных нужд [2]. Поэтому требуется создание методики 3D-решения учета перечисленных факторов и динамического сдвижения пород.

МЕТОДИКА

Современные методы расчета НДС основаны на статическом конечно-элементном моделировании (МКЭ), в Ansys без учета разрушений, хотя имелись отдельные работы [3, 4, 5], где они учитывались и затем изымались из схемы с продолжением расчетов в обновленных условиях. Параметры сетки в блоках модели (С-Д) (рис. 1) должны контролироваться для предотвращения искажения НДС в элементах при сопоставлении технологических схем. Имитация отслоений и поперечных трещин производится вставкой в их зоны тонких полостей, в том случае если растягивающие напряжения в них превышают предельные. Сдвигание же этих отделившихся слоев – балок, сравнимых по весу с распором крепи, моделируют в пакете Adams. Выделяются зоны, где возможны общие области решений для тестирования результатов. Точность расчета достигается геометрическим и силовым подобием лавы и модели. Поэтому размеры между забоем и торцом модели со стороны подвигания должны

сохраняться, для чего модель со стороны забоя расширяется, исключая концентрацию напряжений от сближения поверхностей. Это касается положения контуров свода, ступенчатого профиля кровли за лавой, поперечных трещин и учитывается в коде для переменных, трехмерной геометрии лавы, см. фрагмент:

! Ключевые точки	k,30,ld+T,0,,
T=3000	!точки свода
.....	K,14,ld+T,h1,,
K,1,L1+T,0,,!крепь.нач.	K,13,l7+T,0,,
K,2,l1+T,h1,,!крепь.кон.	K,15,l7+T,h2,,
k,3,l2+T,0,,	K,16,ld2+2*T,h2,,
K,4,l2+T,h1,,!параметр T для подвигания	
!переменная цикла	

Здесь в точках, создаваемых командой K к параметрам координат по оси X прибавляется T – шаг подвигания. Это производится в ручном режиме или программно (язык A, Ansys – Fortran), если задать цикл типа «*Do,t,0,60000,10000. (начало цикла при шаге 10000 с изменением подвигания от 0 до 60000) ... (команды тела цикла).....*Enddo !конец цикла.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Условия отслоения создаются изменением распора крепи, плотности пород. Обычно для слоя, примыкающего к крепи, она должна быть больше, чем у вышележащего. Далее рассматриваются возможности отслоения вышележащих слоев, создающих пригрузку и поперечное разрушение балки, которое происходит либо над торцом пласта (б), или в глубине забоя (в), для сильно деформированной зоны. В теоретических задачах, не учитывающих разрушение управления пород крепью, маловероятно, хотя прак-

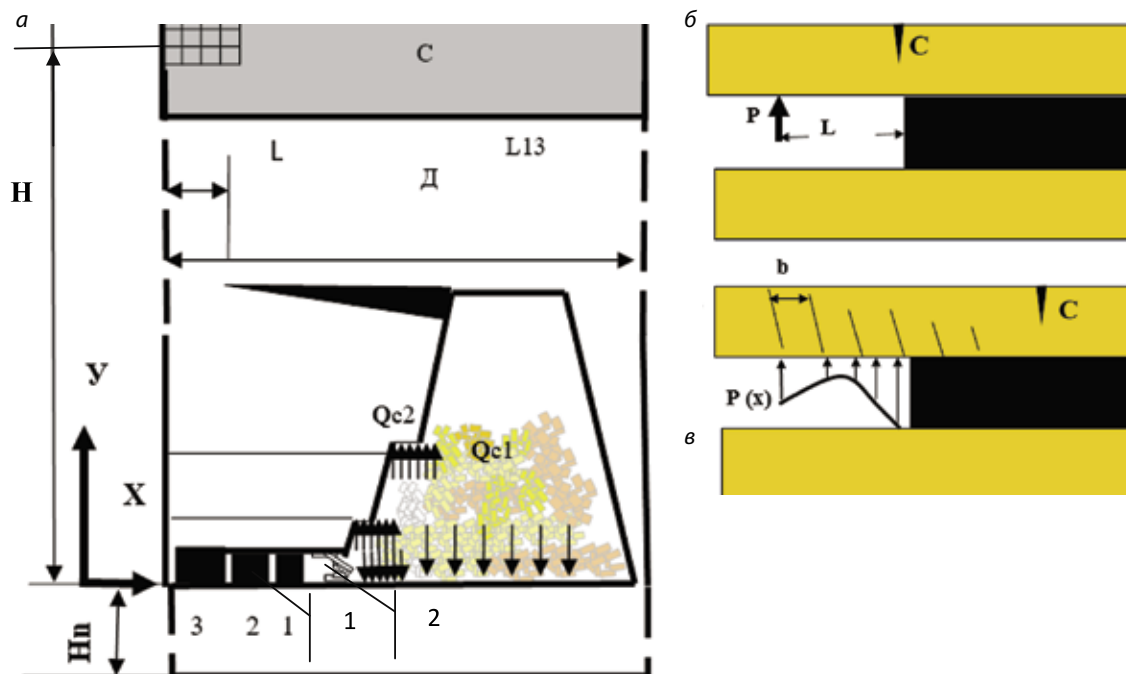


Рис. 1. Расчетная схема: пласт – породы (а): 1 – участки дезинтеграции пласта, 2 – секция крепи; схемы поддержания кровли с управлением трещиной изгиба С (б) и цикловыми трещинами сдвига (в)
 Fig. 1. Calculation scheme: formation-rocks (а): 1 – areas of formation disintegration, 2 – rock support section; layouts of roof support with control of bending crack С (б) and cyclic shear cracks (в)

тика доказывает обратное. Но в пласте возникает дезинтеграция в виде участков со скачкообразно изменяющимся модулем деформации [1, 2, 3], а также бифуркации [6, 7]. Последнее вызвано накоплением повреждений в слоях. При освобождении от связей (близком к хаотичному) между слоями пород и пласта форма деформации системы может резко измениться с возрастанием нагрузок на забой. Практика показывает, что влияние крепи на сближение пород (рис. 2) связано с возникновением зоны дезинтеграции с увеличенными свойствами к деформациям [1, 2, 3] и отделением слоев пород от основного массива.

Воздействие крепи на массив для лавной или камерной выемки может быть сведено к схемам (см. рис. 1). В случае б для управления трещиной изгиба важны значения равнодействующей усилия распора кровли P и плеча силы L . В случае в, чтобы удержать кровлю от разрушения по трещинам давления, возникающих с шагом b , важен характер распределения нагрузки $P(x)$ на перекрытие [8]. Эти трещины возникают от больших контактных давлений на торцах участков дезинтеграции. Они растут с каждым шагом подвигания и приводят к разделению на блоки, индивидуально воздействующие на элементы крепи (рис. 3).

И тут важно распределение сопротивлений вдоль них. Схема на рис. 1, в позволяет улучшить управление забоем, так, как длина трещин давления увеличивается к концу секции, и при сходе с нее порода обрушится небольшими кусками [7], так как рост трещин сдвига сопровождается и внутренними отслоениями. Для схемы б следует выявить закономерности распределения нагрузок $P(x)$ вдоль кровли. При неоптимальном $P(x)$ сечение слоя кровли будет ослабляться за счет вывалов пород и возможности управления по схеме в уменьшатся. Очевидно, что модель должна учитывать действие блоков на крепь и давление на эти блоки вышележащего слоя. Расположение распорного усилия подальше от забоя противоречит традиционному мнению. Но в реальности, для крепи Glinik, пролет пород кровли от забоя до ближней гидростойки достигает 5 м, а завальная часть крепи – не более 2 м. Поэтому гидростойки максимально удалены от забоя. Это происходит из-за того, что выдвигная часть козырька постоянно выдвинута, и часто противоотжимный щит занимает верхнее, параллельное кровле положение. Необходимые же скачки реакции сопротивления у забоя достигаются распором гидростойки козырька и щита (таких зон 3 три). Положения

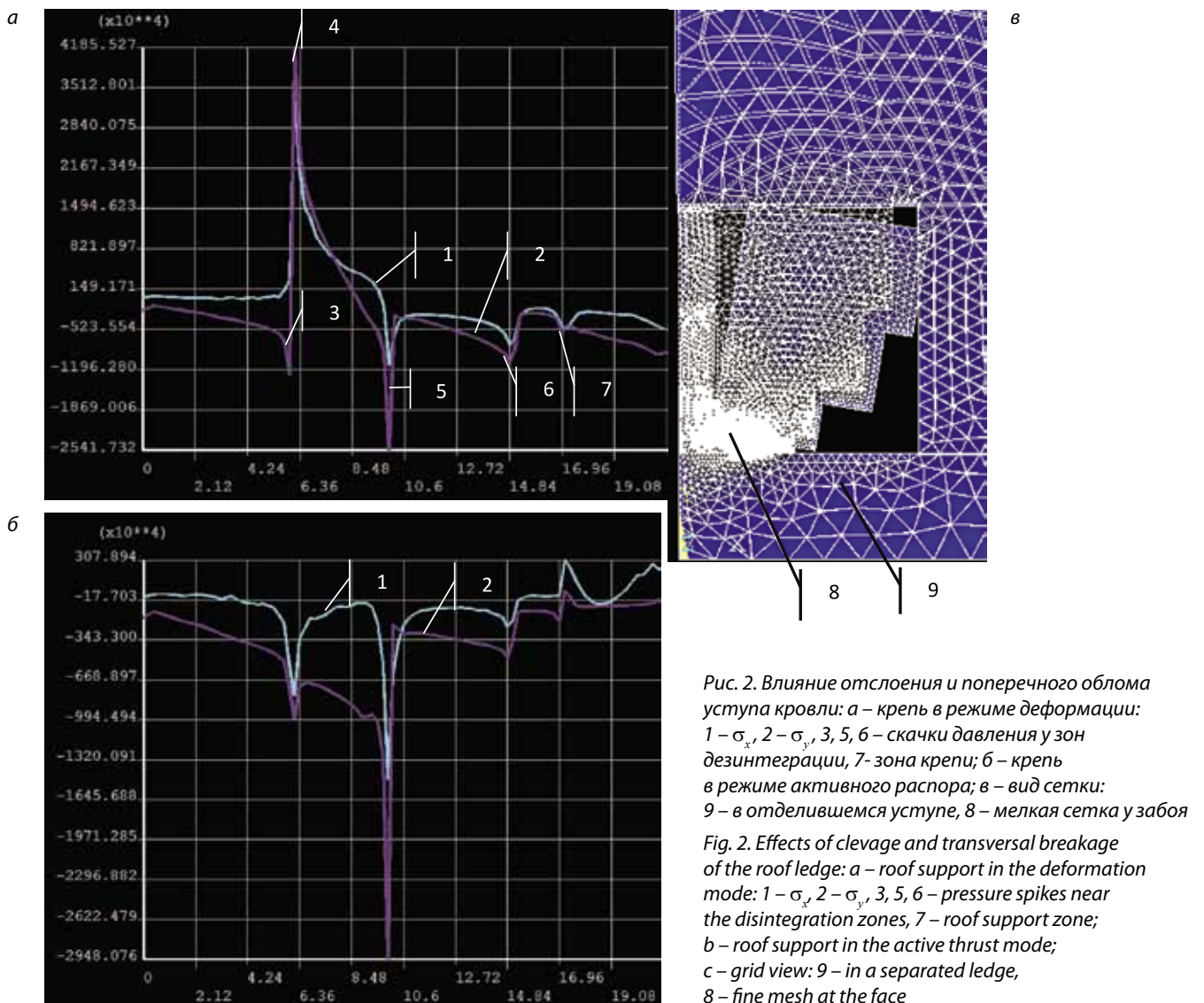


Рис. 2. Влияние отслоения и поперечного облома уступа кровли: а – крепь в режиме деформации: 1 – σ_x , 2 – σ_y , 3, 5, 6 – скачки давления у зон дезинтеграции, 7 – зона крепи; б – крепь в режиме активного распора; в – вид сетки: 9 – в отделившемся уступе, 8 – мелкая сетка у забоя

Fig. 2. Effects of cleavage and transversal breakage of the roof ledge: a – roof support in the deformation mode: 1 – σ_x , 2 – σ_y , 3, 5, 6 – pressure spikes near the disintegration zones, 7 – roof support zone; b – roof support in the active thrust mode; c – grid view: 9 – in a separated ledge, 8 – fine mesh at the face

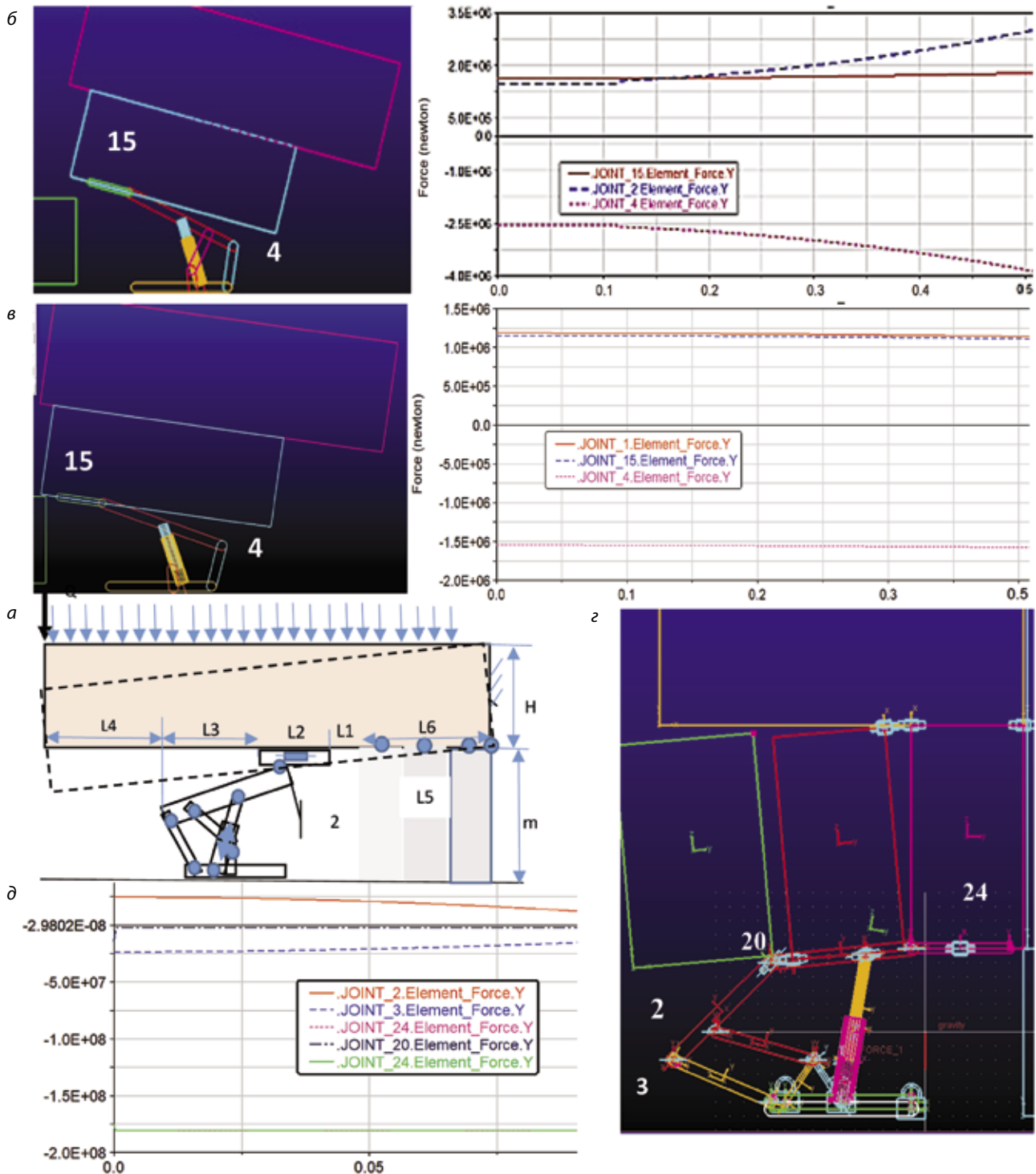


Рис. 3. Схема расчета (а) и имитация смещения секций в Adams с различными типами рычажных систем и графиками реакций при свободном смещении кровли для четырехзвенника (б) и с шарнирно-телескопическим механизмом (в), при блокировании (г) графиками реакций (д)

Fig. 3. Calculation scheme (a) and simulation of section displacement in Adams with different types of lever systems and reaction graphs with free roof displacement for four-link (b) and with articulated telescopic mechanism (v), with blocking (z) with reaction graphs (d)

рычагов могут привести к опасным нагрузкам, и на основе [3, 5] в ADAMS были выявлены такие режимы при пересечении мгновенного центра вращения МЦВ лемнистатного механизма с линией перекрытия крепи. Это эффективно контролировать при наличии в системе управления про-

граммы прогнозирования реакций в шарнирах и давления в силовых гидроцилиндрах. Такое предложение было применено в системе управления фирмы Марсо на основе показаний гравитационных датчиков. Показано, что более эффективной является 3-стоечная схема, когда две

гидростойки установлены «во фронт» в завальной части, а одна – впереди по схеме «1+2». Такое решение использовалось в советской крепи ЗМК на шахте им. Костенко в 1980-х годах и было эффективным. Наши расчеты в Ansys в соответствии с [4, 5] показали, что управляемость пород в этом случае повышается, а напряжения на торце забоя, при отсутствии поперечных трещин по типу «С», уменьшаются на 15%. Для анализа используем две схемы: крепь набирает сопротивление за счет деформации; распор задается активной нагрузкой крепи. В них можно рассматривать начало трещинообразования либо этап, когда оно уже произошло (см. рис. 2). Для схемы а НДС зависит от модуля деформации крепи, а его значение 2×10^8 превосходит в два раза жесткость 1 участка пласта. Для схемы б выдается распор в 360 т. Скачки давления приурочены к торцам зон дезинтеграции и снижаются к поверхности забоя, за исключением пика 3, в зоне трещины облома, пик 4 объясняется разворотом отделившегося от остального массива пород уступа в сторону выработанного пространства к почве, с подъемом его забойного торца (сопротивление крепи за счет деформирования системы). При действии активного распора крепи пик 5 увеличивается, но НДС на ближних к забою зонах уменьшается до 100% (положения зон дезинтеграции одинаковы для обеих схем). Это можно объяснить тем, что балка, приподнятая распором крепи, снимает давление в ближних зонах и повышает в зоне, где ее торец опускается при повороте. Для схемы с обломом балки влияние активного распора на НДС явно выражено, но для работы в режиме деформации это не происходит. При моделировании в Adams, установлено, что лемнискатный механизм, обеспечивая смещение козырька параллельно забою, вызывает перераспределение нагрузок в ее элементах. Adams в отличие от Ansys, легко учитывает кинематику связей деталей в 3D при действии балки пород с опиранием переднего конца о пласт и без опирания, с разворотом заднего – вниз (см. рис. 3, а), связывая параметры крепи и технологии. Условия облома балки можно установить из рис. 1 на основе МКЭ и теоретического решения, методом теории комплексной переменной с учетом забойной пластической зоны, сопротивления крепи и реальных характеристик пород и пласта [6, 7]. Эти решения, основанные на упрощенном рассмотрении слоя пород как балки, предусматривают и корректировку методики по шахтным замерам. Поэтому предварительно для теоретической схемы с последующей реализацией в Adams можно рассмотреть и оценить параметры балки и возможности ее облома, учитывая, что изгибающий момент, напряжение и момент сопротивления слоя в зоне трещины пропорциональны выражениям:

$$M_u = P \times L + Q \times L \times L/2 + \gamma \times L \times L/2 - R_c \times (L/2 + L_1 + L_6)$$

$$\sigma_u = M_u/W$$

$$W = b \times H_p^2/6.$$

Момент равен сумме от моментов силы P , нагрузки Q , веса слоя породы. На рис. 3 приведены результаты моделирования взаимодействия пород с различными секциями крепи и схемами сдвижения. Они уточняют роль конструкции крепи. Для схемы б нагрузка в шарнире 4 посто-

янна и меньше, чем для схемы а в 2-2,6 раза. Нагрузка на козырьке для схемы а больше в 1,3 раза при нагрузке на гидростойку – 300 т. То есть при одних и тех же расстояниях гидростойки от забоя и размерах контура секции при лемнискатном механизме сопротивление у забоя возрастает до 30% за счет роста реакций в ее рычагах. Причем они неравномерны в диапазоне смещения секции. Применение козырька с завальной частью в схеме в практически не влияет на реакции в шарнирах, но при их действии по переднему и заднему торцам позволит уменьшить усилие на гидропатроне. В схеме в задний рычаг 4 имеет гидравлическую выдвигную часть, улучшающую сход пород с крепи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрен расчет горного давления для выемки коротким забоем, при которой актуальны три схемы сдвижения пород, действующие относительно забоя, стенок камеры и при применении тонких и широких целиков. Расчет для контроля решения и применения в схемах прогнозирования может строиться на теоретической основе, с использованием экспериментальных данных, МКЭ до стадии обширных отслоений и поперечного облома слоев над пластом. Переход к динамическому моделированию позволяет учесть конструкцию и силовые параметры крепи. Так, для секции типа ОКП-70 до 30% повышается сопротивление у забоя за счет нагрузки на рычаги. Получены модели и для крепи типа Глиник при блокообразовании кровли и индивидуальном действии блоков вдоль перекрытия.

Список литературы

1. Векслер Ю.А., Бейсембаев К.М., Жетесов С.С., Каппасов Н., Мендикенов К.К. Исследование состояния горного массива при подвижке лавы // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2013. № 3. С. 69-76.
2. Лысенко М.В., Аушев Е.В., Дудин А.А. Способы повышения полноты извлечения запасов угля // Уголь. 2022. № 11. С. 48-54. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-48-54.
3. Ройтер М., Крах М., Кислинг У., Векслер Ю. Обеспечение безопасной работы в лаве с системой управления Марко «Цифровая шахта» // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 6. С. 366-371.
4. Reuter M., Krach M., Kießling U., Veksler Y. Zonal disintegration of rocks around breakage headings // Journal of Mining Science. 2015. No. 2. P. 46-52.
5. Хапилова Н.С. Задача об обрушении консольно-зависающей кровли // ФТПРПИ. 1970. № 1. С.13-18.
6. Бейсембаев К.М. Проблемы расчета аттрактора нестационарной системы // Актуальные проблемы современности. Международный научный журнал. 2010. № 7. С. 11-16.
7. Казьмин В.М. Таблицы для вероятностной оценки распределения сопротивления механизированных крепей по ширине призабойного пространства и методика их применения. М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1974. 43 с. URL: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-tablicy-dlya-veroyatnostnoy-ocenki-raspredeleniya-soprotivleniya.pdf> (дата обращения: 15.06.2023).
8. Lukasz Boloz. Dynamic model Of a longwall shearer with a chain haulage system // Acta Montanistica Slovaca. 2022. Vol. 27. P. 3. DOI: 10.46544/AMS.v27i3.03.

9. Ройтер М., Крах М., Кислинг У., Векслер Ю.А. Разработка метода сейсмоакустического мониторинга динамических явлений в очистных забоях угольных шахт // ФТПРПИ. 2021. № 1. С. 28-35. DOI: 10.15372/FTPRPI20210104.
10. State-of-the-art ultrasonic sensor designed to improve longwall production rates and operation safety / Sławomir Bartoszek, Sebastian Jendrysik, Joanna Rogala-rojek et al. // Acta Montanistica Slovaca. 2021. Vol. 26. No 1. P. 149-160.
11. Modelling and simulation of an adsorption process using activated carbon from coconut shells / Edward Samuel Efretuei, Idowu Iyabo Olateju, John Olusoji Owolabi et al. // A ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2022. Vol. 17. No. 9. P. 932-946.
12. Kinematics and singularity analysis of 3-PRS parallel kinematic mechanism / Liaquat Ali Khan, Muhammad Faizan Shah, Muhammad Ramiz et al. // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2022. Vol. 17. No. 8. P. 849-857.

Original Paper

UDC 622.621 © Zh.T. Akizhanova, G.S. Zhettesova, K.M. Beisembayev, G.D. Buyalich, Zh.N. Nokina, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 7, pp. 50-55
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-50-55>

Title
TO THE METHOD OF CALCULATION OF ROCK PRESSURE AT A SHORT FAGE

Authors

Akizhanova Zh.T.¹, Zhettesova G.S.¹, Beisembayev K.M.¹, Buyalich G.D.², Nokina Zh.N.¹

¹ NAO Karaganda Technical University named after A. Saginov, Karaganda, 100017, Kazakhstan

² Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Authors Information

Akizhanova Zh.T., Doctoral student of the Department of Mineral Deposit Development, e-mail: Kakim08@mail.ru

Zhettesova G.S., Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: zhettesova@mail.ru

Beisembayev K.M., Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Department of Technological Equipment, Mechanical Engineering and Standardization, e-mail: Kakim08@mail.ru

Buyalich G.D., Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: gdb@kuzstu.ru

Nokina Zh.N., Senior Lecturer of the Department of Technological Equipment, Mechanical Engineering and Standardization, e-mail: Kakim08@mail.ru

Abstract

The methods of longwall, short-hole mining by the finite element method in Ansys for static systems and in Adams are considered to determine the interaction of a dynamically displaced roof with a lining, taking into account its design and connections with rock layers, including block formation in the roof. The effects of the support in the deformation mode and active thrust on the distribution of rock pressure in the depth of the formation in the zone of support pressure are established. Its maximum influence was recorded during the detachment of the main roof and its transverse fracture. The model of the chamber excavation should be three-dimensional with the ability to quickly change the configuration of the location of the pillars, workings and simulate the advancement of the face with a constant distance between the face, displacement zones and the edge of the model from the side of the face.

Keywords

Support pressure, Support, Active thrust, Deformation mode, Transverse breakage, Delamination.

References

1. Veksler Yu.A., Beysembayev K.M., Zhettesov S.S., Kappasov N. & Mendikenov K.K. Studies of the rock mass state during the face advancement. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij, Gornyj zhurnal*, 2013, (3), pp. 69-76. (In Russ.).
2. Lysenko M.V., Aushev E.V. & Dudin A.A. Ways to increase the recovery ratio of coal reserves. *Ugol*; 2022, (11), pp. 48-54. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-48-54.
3. Reuter M., Krach M., Kießling Y. & Veksler Yu. Ensuring safe operation in the longwall with the Marco "Digital mine" control system. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*, 2014, (6), pp. 366-371. (In Russ.).

4. Reuter M., Krach M., Kießling U. & Veksler Y. Zonal disintegration of rocks around breakage headings. *Journal of Mining Science*, 2015, (2), pp. 46-52.

5. Khapilova N.S. The cantilever-hanging roof collapse problem. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, 1970, (1), pp.13-18. (In Russ.).

6. Beysembayev K.M. Challenges in calculating a nonstationary system attractor. *Aktualnye problemy sovremennosti*, 2010, (7), pp. 11-16. (In Russ.).

7. Kazmin V.M. Tables for probabilistic estimation of resistance distribution of powered roof supports along the face width and methodology of their application. Moscow, A.A. Skochinsky Institute of Mining, 43 p. Available at: <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-tablicy-dlya-veroyatnostnoy-ocenki-raspredeleniya-soprotivleniya.pdf> (accessed 15.06.2023).

8. Lukasz Boloz. Dynamic model of a longwall shearer with a chain haulage system. *Acta Montanistica Slovaca*, 2022, (27), pp. 3. DOI: 10.46544/AMS.v27i3.03.

9. Reuter M., Krach M., Kießling Y. & Veksler Yu.A. Method for seismic and acoustic monitoring of longwall face areas in coal mines. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, 2021, (1), pp. 28-35. (In Russ.). DOI: 10.15372/FTPRPI20210104.

10. Sławomir Bartoszek, Sebastian Jendrysik, Joanna Rogala-rojek, Mariusz Woszczyński, Krzysztof Krauze & Jarosław Joostberens. State-of-the-art ultrasonic sensor designed to improve longwall production rates and operation safety. *Acta Montanistica Slovaca*, 2021, Vol. 26, (1), pp. 149-160.

11. Edward Samuel Efretuei, Idowu Iyabo Olateju, John Olusoji Owolabi & Abdulwahab Giwa. Modelling and simulation of an adsorption process using activated carbon from coconut shells. *A ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2022, Vol. 17, (9), pp. 932-946.

12. Liaquat Ali Khan, Muhammad Faizan Shah, Muhammad Ramiz & Kamran Nazir. Kinematics and singularity analysis of 3-PRS parallel kinematic mechanism. *A ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2022, Vol. 17, (8), pp. 849-857.

For citation

Akizhanova Zh.T., Zhettesova G.S., Beisembayev K.M., Buyalich G.D. & Nokina Zh.N. To the method of calculation of rock pressure at a short fage. *Ugol*; 2023, (7), pp. 50-55. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-50-55.

Paper info

Received March 9, 2023

Reviewed June 14, 2023

Accepted June 26, 2023

UNDERGROUND MINING

Математическая модель поля напряжений в целиках с учетом магистральной трещины на угольных месторождениях

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-56-58>

ХАЛКЕЧЕВ К.В.

Доктор физ.-мат. наук,
доктор техн. наук,
профессор кафедры геологии
и маркшейдерского дела
НИТУ «МИСУС»,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: h_kemal@mail.ru

ХАЛКЕЧЕВ Р.К.

Доктор техн. наук, доцент,
профессор кафедры
инфокоммуникационных технологий
НИТУ «МИСУС»,
119049, г. Москва, Россия,
e-mail: syrus@list.ru

ЛЕВКИН Ю.М.

Доктор техн. наук,
член Союза маркшейдеров России,
профессор Московского
политехнического университета,
105064, г. Москва, Россия,
e-mail: lev5353@bk.ru

С целью определения напряженно-деформированного состояния в целиках, представленных полнокристаллическими горными породами, на угольных месторождениях построена математическая модель поля напряжений с учетом магистральной трещины. Предполагается, что исследуемый целик обладает полнокристаллической структурой, в которой имеется горизонтально ориентированная трещина. Размеры такой трещины превосходят характерный размер элементарного объема. Магистральная горизонтально направленная раскрытая трещина в целике имеет техногенное происхождение и индуцирует дополнительное собственное внутреннее поле напряжений. С другой стороны, внутреннее поле напряжений, обусловленное структурными особенностями полнокристаллических горных пород, способствует образованию вертикально ориентированных трещин. При этом, если они образовали магистральную трещину, то целик потеряет устойчивость, что может привести к аварийной ситуации. В результате, напряженное состояние в целиках образуется суперпозицией напряжений, индуцированных внешним полем и полем, наведенным магистральной трещиной.

Ключевые слова: математическая модель, устойчивость целика, напряженное состояние, магистральная трещина, полнокристаллическая горная порода, неоднородная среда, эффективный модуль упругости, суперпозиция полей напряжений.

Для цитирования: Халкечев К.В., Халкечев Р.К., Левкин Ю.М., Математическая модель поля напряжений в целиках с учетом магистральной трещины на угольных месторождениях // Уголь. 2023. № 7. С. 56-58. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-56-58.

ВВЕДЕНИЕ

На пластовых месторождениях, к числу которых относится и большинство угольных, наибольшее распространение в настоящее время имеют камерные системы разработки. К недостаткам камерной системы, в первую очередь, необходимо отнести большие потери полезных ископаемых в целиках, достигающие 60-70%. При этом, если оставляемые целики излишне больших размеров, это ведет к неоправданным потерям запасов полезного ископаемого в недрах, в то время как при недостаточном размере целиков их разрушение может привести к потере устойчивости горных выработок. Поэтому определение напряженно-деформированного состояния целиков в угольных шахтах, которое определяет оптимальные размеры целиков и их устойчивость, является актуальной задачей.

Как показывает опыт, экспериментальные и натурные методы [1, 2, 3, 4] определения напряженно-деформированного состояния целиков не в состоянии решить данную проблему. Единственно возможным вариантом является математическое моделирование, позволяющее определить напряженное состояние в целиках, что позволит прогнозировать их устойчивость.

подавляющее большинство существующих математических моделей [5, 6] в данном направлении не учитывают структурно-текстурные особенности и трещиноватость целиков, в особенности, когда речь идет о магистральных трещинах. Поэтому целесообразно разработать математическую модель, позволяющую определить неоднородное анизотропное поле напряжений в окрестности магистральной трещины в целике.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Для решения поставленной задачи по математическому моделированию напряженно-деформированного состояния целиков, представленных углевмещающими породами полнокристаллической структуры, с учетом магистральной трещины, построим содержательную модель, на основе которой представится возможность разработки математической модели.

Рассмотрим целик полнокристаллической структуры, на торец которого действует внешнее поле напряжений (горное давление), которое может быть определено по длине вертикально ориентированной трещины [7]. Предполагается, что в целике имеется горизонтально ориентированная трещина, размеры которой превосходят характерный размер элементарного объема; это позволит считать трещину магистральной. Поле напряжений в целиках будет складываться из полей напряжений, индуцированных внешним полем и полем, наведенным магистральной трещиной.

Построим математическую модель на основе разработанной содержательной модели. Поставим в соответствие целику полнокристаллической структуры упругую среду с неоднородностями, соответствующими зернам горной породы. Отсюда, используя метод аналогии с работами [8, 9, 10, 11], для поля напряжений в неоднородной среде получим:

$$\sigma = C(I + AC_1)^{-1} < C(I + AC_1)^{-1} >^{-1} \sigma_0, \quad (1)$$

где σ_0 – внешнее поле напряжений, действующее в точке определения напряжения; C – модуль упругости зерна горной породы; $C_1 = C - \langle C \rangle$; « $\langle \rangle$ » – усреднение по ансамблю полей неоднородностей; I – единичный четырехвалентный тензор; A – преобразование Фурье ядра интегрального оператора.

Поскольку рассматриваемый целик представлен полнокристаллической горной породой, можно использовать для определения напряжения, наведенного трещиной, плоскую модель. Используя метод аналогий с работой [12], компоненты напряжений у вершины раскрытой трещины будут иметь вид:

$$\sigma_x = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left(1 - \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right), \quad (2)$$

$$\sigma_y = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos \frac{\theta}{2} \left(1 + \sin \frac{\theta}{2} \sin \frac{3\theta}{2} \right), \quad (3)$$

$$\tau_{xy} = \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2} \cos \frac{3\theta}{2}, \quad (4)$$

$$\sigma_z = \nu(\sigma_x + \sigma_y), \quad (5)$$

$$\tau_{xz} = \tau_{yz} = 0, \quad (6)$$

где $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}, \sigma_z, \tau_{xz}, \tau_{yz}$ – компоненты тензора напряжений; K_I – коэффициент интенсивности напряжений; θ – полярный угол в точке определения напряжения; r – полярный радиус в точке определения напряжения; ν – коэффициент Пуассона.

Суперпозиция напряжений (1) и (2-6) определяет внутреннее напряжение в углевмещающем целике полнокристаллической структуры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученное решение (1-6) определяет поле напряжений в целиках, представленных полнокристаллической горной породой, с учетом магистральной трещины на угольных месторождениях. На основе полученных решений можно сделать следующие выводы:

– магистральная горизонтально направленная раскрытая трещина в целике имеет техногенное происхождение и индуцирует дополнительное собственное внутреннее поле напряжений;

– внутреннее поле напряжений, обусловленное структурными особенностями полнокристаллических горных пород, способствует образованию вертикально ориентированных трещин. При этом, если они образовали магистральную трещину, то целик потеряет устойчивость;

– суперпозиция напряжений (1-6) способствует формированию неоднородного поля напряжений в целике.

Список литературы

1. Qu X., Chen Y., Yin D. Experimental study on progressive failure characteristics of strip coal pillar models under different roof and floor conditions // *Case Studies in Construction Materials*. 2023. Vol. 18. Article e02147. DOI: 10.1016/j.cscm.2023.e02147.
2. Coupling influence of inclination angle and moisture content on mechanical properties and microcrack fracture of coal specimens / L. Chen, D.S. Zhang, N. Yao et al. // *Lithosphere*, 2021. 2022. (Special 7). Article 6226445. DOI: 10.2113/2022/6226445.
3. Study on failure mechanism of room and pillar with different shapes and configurations under uniaxial compression using experimental test and numerical simulation / V. Sarfarazi, N. Babanouri, S. Fattahi et al. // *Underground Space*. 2023. Vol. 9. P. 105-121. DOI: 10.1016/j.undsp.2022.07.002.
4. Левкин Ю.М. Использование технологии дистанционного зондирования и математического моделирования для анализа аварийных горных выработок // *Уголь*. 2022. № 6. С. 32-34. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-32-34.
5. Cooperative mining technology and strata control of close coal seams and overlying coal pillars / S. Qiang, G. Jialiang, Y. Feng et al. // *Alexandria Engineering Journal*. 2023. Vol. 73. P. 473-485. DOI: 10.1016/j.aej.2023.04.071.

6. Pseudo-discontinuum model to simulate hard-rock mine pillars / E. Rógenes, A.D.S. Gomes, M.M.D. Farias et al. // *Underground Space*. 2023. Vol. 11. P. 81–95. DOI: 10.1016/j.undsp.2022.12.002.
7. Халкечев Р.К. Теория мультифрактального моделирования процессов деформирования и разрушения породных массивов как основа автоматизации технологии буровзрывных работ на угольных разрезах // *Уголь*. 2019. № 11. С. 32-35. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-11-32-34.
8. Халкечев Р.К., Халкечев К.В. Математическое моделирование неоднородного упругого поля напряжений породного массива кристаллической блочной структуры // *Горный журнал*. 2016. № 3. С. 200-205. DOI: 10.17580/gzh.2016.03.05.
9. Халкечев Р.К., Халкечев К.В. Управление селективностью разрушения при дроблении и измельчении геоматериалов на основе методов подобия и размерности в динамике трещин // *Горный журнал*. 2016. № 6. С. 64-66. DOI: 10.17580/GZH.2016.06.04.
10. Халкечева Л.К., Халкечев Р.К. Автоматизированная система мониторинга состояния транспортных берм на предмет оползневой опасности в виде проседания // *Уголь*. 2022. № 4. С. 50-52. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-4-50-52.
11. Халкечев Р.К. Нечеткая математическая модель изменения концентрации трещин в минерале под действием внешней нагрузки // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2019. № 6. С. 97-105. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-97-105.
12. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. М: Наука, 1974. 640 с.

Original Paper

UDC 622.272:658.012.122:51.001.57 © K.V. Khalkechev, R.K. Khalkechev, Yu.M. Levkin, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 7, pp. 56-58
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-56-58>

Title

MATHEMATICAL MODEL OF THE STRESS FIELD IN THE PILLARS WITH DUE ACCOUNT TAKEN OF THE MAIN CRACK IN COAL FIELDS

Authors

Khalkechev K.V.¹, Khalkechev R.K.¹, Levkin Yu.M.²

¹ National University of Science and Technology "MISIS" (NUST "MISIS"), Moscow, 119049, Russian Federation

² Moscow Polytechnic University, Moscow, 105064, Russian Federation

Authors Information

Khalkechev K.V., Doctor of Physico-Mathematical Science, Doctor of Engineering Sciences, Professor at subdepartment: "Geology and mine surveying", e-mail: h_kemal@mail.ru

Khalkechev R.K., Doctor of Engineering Sciences, Professor at subdepartment: "Infocommunication technologies", e-mail: syrus@list.ru

Levkin Yu.M., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Member of the Russian Union of Surveyors, e-mail: lev5353@bk.ru

Abstract

In order to determine the stress-strain state in the pillars represented by full-crystalline rocks, a mathematical model of the stress field with due account taken of the main crack was constructed. It is assumed that the analyzed pillar has a full-crystalline structure, in which there is a horizontally oriented crack. The dimensions of this crack exceed the characteristic size of the elementary volume. The main horizontally oriented open crack in the pillar has technogenic origin and induces an additional internal stress field. On the other hand, the internal stress field, due to the structural features of full-crystalline rocks, contributes to the formation of vertically oriented cracks. Moreover, if they formed a main crack, then the pillar will lose stability, which can lead to an emergency. As a result, the stress state in the pillars is formed by a superposition of stresses induced by the external field and the field induced by the main crack.

Keywords

Mathematical model, Pillar stability, Stress state, Fracture, Full-crystalline rock, Inhomogeneous medium, Effective elastic modulus, Superposition of stress fields.

References

1. Qu X., Chen Y. & Yin D. Experimental study on progressive failure characteristics of strip coal pillar models under different roof and floor conditions. *Case Studies in Construction Materials*, 2023, (18), Article e02147. DOI: 10.1016/j.cscm.2023.e02147.
2. Chen L., Zhang D.S., Yao N., Wang L., Fan G.W., Wang X.F. & Zhang W. Coupling influence of inclination angle and moisture content on mechanical properties and microcrack fracture of coal specimens. *Lithosphere*, 2021, 2022, (Special 7), Article 6226445. DOI: 10.2113/2022/6226445.
3. Sarfarazi V., Babanouri N., Fattahi S. & Asgari K. Study on failure mechanism of room and pillar with different shapes and configurations under uniaxial

compression using experimental test and numerical simulation. *Underground Space*, 2023, (9), pp. 105-121. DOI: 10.1016/j.undsp.2022.07.002.

4. Levkin Yu.M. The usage of remote sensing technology and mathematical modeling for the analysis of emergency mine workings. *Ugol'*, 2022, (6), pp. 32-34. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-6-32-34.

5. Qiang S., Jialiang G., Feng Y. & Ruhong B. Cooperative mining technology and strata control of close coal seams and overlying coal pillars. *Alexandria Engineering Journal*, 2023, (73), pp. 473-485. DOI: 10.1016/j.aej.2023.04.071.

6. Rógenes E., Gomes A.D.S., Farias M.M.D. & Rasmussen, L.L. Pseudo-discontinuum model to simulate hard-rock mine pillars. *Underground Space*, 2023, (11), pp. 81–95. DOI: 10.1016/j.undsp.2022.12.002.

7. Khalkechev R.K. Multifractal modeling theory of rock mass deformation and destruction as the basis for automation of drilling and blasting technologies in coal open-pit mines. *Ugol'*, 2019, (11), pp. 32-34. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-11-32-34.

8. Khalkechev R.K. & Khalkechev K.V. Mathematical modeling of non-uniform elastic stress field of a rock mass with crystalline block structure/ *Gornyj zhurnal*, 2016, (3), pp. 200-205. (In Russ.). DOI: 10.17580/gzh.2016.03.05.

9. Khalkechev R.K. & Khalkechev K.V. Management of fracture selectivity in crushing and milling of geomaterials based on similarity and dimensional methods in fracture dynamics. *Gornyj zhurnal*, 2016, (6), pp. 64-66. (In Russ.). DOI: 10.17580/GZH.2016.06.04.

10. Khalkecheva L.K. & Khalkechev R.K. Automated monitoring system of transport berms condition for landslide danger in the form of subsidence. *Ugol'*, 2022, (4), pp. 50-52. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-4-50-52.

11. Khalkechev R.K. Fuzzy mathematical model of fracture concentration changes in a mineral under external load. *Gornyj informacionno-analiticheskij byulleten'*, 2019, (6), pp. 97-105. (In Russ.). DOI: 10.25018/0236-1493-2019-06-0-97-105.

12. Cherepanov G.P. Mechanics of brittle fracture. Moscow, Nauka Publ., 1974, 640 p. (In Russ.).

For citation

Khalkechev K.V., Khalkechev R.K. & Levkin Yu.M. Mathematical model of the stress field in the pillars with due account taken of the main crack in coal fields. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 56-58. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-56-58.

Paper info

Received June 6, 2023

Reviewed June 14, 2023

Accepted June 26, 2023

UNDERGROUND MINING

Экспериментальные исследования повышения эффективности работы вентиляторов местного проветривания за счет изменения частоты вращения рабочего колеса

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-59-67>

В статье рассмотрены методика и результаты экспериментальных исследований метода повышения эффективности работы вентиляторов местного проветривания (ВМП) при проветривании подготовительных выработок угольных шахт. Эксперимент проводился в производственных помещениях ООО «ТРАНСМАШ». Авторами предложено управление подачей вентилятора с помощью электропривода с изменяемой частотой вращения рабочего колеса. Установлено, что наиболее рациональным способом регулирования в дополнение к существующим является изменение частоты вращения рабочего колеса вентилятора. Задачи эксперимента состояли в определении аэродинамических параметров ВМП при изменении частоты переменного тока электродвигателя, коэффициента утечек и максимальной длины трубопровода, обеспечивающей заданный расход воздуха. Для проведения эксперимента смонтирован вентилятор с частотным преобразователем, работающий на участок трубопровода и разработана методика проведения измерений. Подача ВМП регулировалась изменением скорости вращения рабочего колеса при различных сопротивлениях, при этом оценивались скорость движения воздуха и депрессия исследуемых участков трубопровода. Получены с высокой точностью аппроксимации фактические характеристики ВМП. Определено фактическое аэродинамическое сопротивление и получены расчетные значения для прямолинейных участков трубопроводов различной длины и диаметра. Установлено, что увеличение частоты вращения рабочего колеса позволяет увеличить длину трубопровода при заданных расходах. Результаты сравнивались со значениями при работе ВМП без применения частотного преобразователя переменного тока. Показана возможность повышения КПД при соответствующих величинах сопротивления трубопровода. Отмечено, что регулирование подачи частотой вращения рабочего колеса способствует увеличению срока службы венти-

СМИРНЯКОВ В.В.

Канд. техн. наук,
доцент кафедры безопасности производств
Санкт-Петербургского горного университета,
199106, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: smirnyakovvv@yandex.ru

ЛЕЙСЛЕ А.В.

Канд. техн. наук,
доцент кафедры безопасности производств
Санкт-Петербургского горного университета,
199106, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: groz-4@yandex.ru

МАГОМЕТ Р.Д.

Канд. техн. наук,
доцент кафедры безопасности производств
Санкт-Петербургского горного университета,
199106, г. Санкт-Петербург, Россия,
e-mail: rmagomet@yandex.ru

МУХОРТИКОВ С.Г.

Канд. техн. наук,
заместитель генерального директора по научной работе
ООО «ТРАНСМАШ»,
652523, г. Ленинск-Кузнецкий, Россия,
e-mail: Smukhortikov@inbox.ru

ПИНСКЕР О.В.

Генеральный директор ООО «ТРАНСМАШ»,
652523, г. Ленинск-Кузнецкий, Россия,
e-mail: pinol62@mail.ru

АНИСИМОВ Д.О.

Начальник проектного отдела ООО «ТРАНСМАШ»,
652523, г. Ленинск-Кузнецкий, Россия,
e-mail: anisimov.do@gmail.com

ляционного оборудования. На основании полученных результатов сделан вывод о возможности применения данного метода регулирования для угольных шахт.

Ключевые слова: вентилятор местного проветривания, частотное регулирование, проветривание подготовительных выработок, частотный преобразователь, аэродинамические характеристики, депрессия, расход, частота вращения рабочего колеса.

Для цитирования: Экспериментальные исследования повышения эффективности работы вентиляторов местного проветривания за счет изменения частоты вращения рабочего колеса / В.В. Смирняков, А.В. Лейсле, Р.Д. Магомет и др. // Уголь. 2023. № 7. С. 59-67. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-59-67.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности работы вентиляторов местного проветривания (ВМП) при проветривании подготовительных выработок угольных шахт является актуальной задачей, обусловленной необходимостью подачи расчетного количества воздуха в призабойное пространство при максимально возможной длине выработки и интенсификации темпов проходки. Основными целями при этом являются: обеспечение безопасного проветривания газообильных выработок; уменьшение количества вспомогательных выработок; увеличение срока службы вентиляторов относительно проветриваемых объемов выработок. При этом имеет место тенденция к увеличению мощности применяемых вентиляторов [1]. Однако подобный путь решения данной проблемы, как показывают исследования, имеет существенные ограничения по ряду факторов [2].

Как следует из отечественного и зарубежного опыта проветривания подготовительных выработок, подача расчетного количества воздуха в призабойное пространство зачастую не обеспечивала безопасные условия труда по газовому фактору [3, 4, 5, 6, 7].

Для повышения эффективности проветривания при подобных условиях предложено экспериментальное обоснование управления подачей ВМП с помощью электропривода с изменяемой частотой вращения рабочего колеса. Эксперимент проводился в производственных помещениях ООО «ТРАНСМАШ». Актуальность этого метода обосновывается возможностью регулирования производительности любых типов вентиляторов с одновременным обеспечением экономии потребляемой электроэнергии. Достоинства подобного метода управления отмечена в работах многих исследователей [6, 7, 8, 9, 10, 11].

В целом регулирование режима работы ВМП достигается за счет изменения следующих параметров: угол установки лопаток рабочего колеса и направляющего аппарата; дросселирование; частота вращения рабочего колеса. Депрессия вентилятора и расход подаваемого воздуха в единицу времени определяются мощностью электродвигателя вентилятора, коэффициентом полезного действия (КПД), диаметром рабочего колеса, частотой вращения и углом установки лопастей колеса и направляющего аппарата.

Регулирование работы вентилятора может производиться по расходу воздуха при постоянной депрессии, по депрессии при постоянном расходе, а также по расходу и депрессии одновременно. Оперативное регулирование осуществляется изменением как расхода воздуха, так и депрессии. В случае необходимости поддержание запаса по производительности и (или) депрессии достигается при неизменных углах установки лопаток рабочего колеса и направляющего аппарата, при постоянном сопротивлении сети. Анализируя данные варианты регулирования, следует отметить, что наиболее рациональным из них является изменение частоты вращения рабочего колеса вентилятора [12].

На практике основным способом, позволяющим регулировать подачу воздуха ВМП, является возможность изменения угла установки лопаток рабочего колеса. Главными его недостатками являются малая оперативность при регулировании и зависимость диапазона приемлемых значений КПД от сопротивления сети. Дополнительной проблемой является динамическое воздействие при пуске на вентиляционный трубопровод, зачастую приводящее к разрывам и снижающее срок его службы.

При применении электропривода с регулируемой частотой вышеуказанные недостатки отсутствуют, снижается динамическое воздействие на вентиляционный трубопровод за счет плавного увеличения частоты, появляется возможность одновременного регулирования производительности и потребляемой мощности [13, 14]. Последний фактор наиболее актуален при проведении выработок большой длины, когда на начальном этапе проведения ВМП зачастую работает в нерациональном режиме, например с избыточной производительностью, что легко устраняется снижением частоты оборотов рабочего колеса.

Возможность применения частотного регулирования для плавного заполнения воздухопроводов предусмотрена в нормативно-технической документации, где с целью обеспечения автоматического контроля и управления проветриванием тупиковых выработок установлены требования для ВМП с частотным преобразователем [15]. Однако прямого указания, содержащего количественные данные, о возможности применения метода частотного регулирования с целью совершенствования процесса проветривания тупиковых выработок не приводится, что объясняется, очевидно, отсутствием достаточного объема исследований в этой области. Нормативно-техническая документация, используемая при проектировании вентиляции тупиковых выработок, также не содержит расчетного обоснования методов применения частотного регулирования [16].

МЕТОДИКА

При разработке методики анализировались опыт и результаты исследований в данной области [17]. Целью проведения эксперимента является определение эффективности использования частотного преобразователя переменного тока при работе ВМП на трубопровод. Задачи эксперимента состояли в следующем:

- определение фактических аэродинамических параметров ВМП при изменении частоты переменного тока, подаваемого на электродвигатель вентилятора;

– определение максимальной длины трубопровода, обеспечивающей заданный расход воздуха на выходе, и фактического коэффициента утечек трубопровода при работе ВМП выше паспортной характеристики за счет увеличения частоты вращения рабочего колеса;

– сравнение полученных результатов с базовыми значениями при работе ВМП без применения частотного преобразователя переменного тока.

Для проведения эксперимента смонтирована экспериментальная установка, представляющая собой ВМП (ВМЭВВ-8У5), подключенный к частотному преобразователю, работающий на участок трубопровода. Схема размещения оборудования приведена на рис. 1.

При проведении эксперимента подача ВМП регулировалась за счет изменения скорости вращения рабочего колеса с помощью частотного преобразователя, при этом сопротивление трубопровода изменялось с помощью шиберов. Установленные в характерных точках (т. 1–4) приемники динамического и статического давлений позволяли оценить скорость движения воздуха и депрессию исследуемых участков трубопровода. Точки замеров были выбраны исходя из фактической конфигурации трубопровода в зонах установившегося движения воздуха с нормальным (недеформированным) полем скоростей. Шибер

представлял собой заслонку с нанесенными делениями, расположенную на выходе из трубопровода. Эксперименты проводились в два этапа соответственно при наличии дополнительного последовательно установленного неработающего ВМП и без него.

В каждой серии экспериментов при фиксированной частоте вращения рабочего колеса определялись следующие параметры: статическое и динамическое давление в исследуемых точках трубопровода; депрессия на исследуемых участках; барометрическое давление; температура воздуха; площадь сечения открытой части шиберов; оценивалась форма поперечного сечения трубопровода в исследуемых точках. При измерениях использовались приборы: измеритель абсолютного и дифференциального давления МБГО-2, микроманометр, термогигрометр Testo 625, анемометр АПР-2, воздухомерные трубки Пито, шланги. Принципиальные схемы замеров давления и депрессии приведены на рис. 2.

Определение статического и динамического давления проводилось в точках в центре сечения трубопровода. Депрессия на прямолинейных участках рассчитывалась исходя из значений давления в точках замеров, на повороте трубопровода дополнительно проводился прямой замер депрессии криволинейного участка.

Обработка результатов измерений проводилась в следующей последовательности.

Расход воздуха определялся по формуле:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2 p_{ск}}{\rho}} k_p, \quad (1)$$

где d – диаметр трубопровода, м; $p_{ск}$ – измеряемое скоростное давление, Па; ρ – плотность воздуха, кг/м³; k_p – коэффициент расхода воздуха.

Плотность воздуха определялась непосредственно перед началом проведения замеров и уточнялась при изменении параметров атмосферы в ходе проведения эксперимента:

$$\rho = \frac{pM}{RT}, \quad (2)$$

где p – атмосферное давление, Па; M – молярная масса воздуха, 0,029 кг/моль; R – универсальная газовая постоянная, 8,31 Дж/(моль×К); T – температура воздуха, К.

Коэффициент расхода воздуха зависит от положения датчика в сечении трубопровода и определяется по формуле:

$$k_p = \frac{v_{сп}}{v_m}, \quad (3)$$

где $v_{сп}$ – средняя по сечению трубопровода скорость движения воздуха, м/с; v_m – скорость движения воздуха в точке установки датчика скорости, м/с.

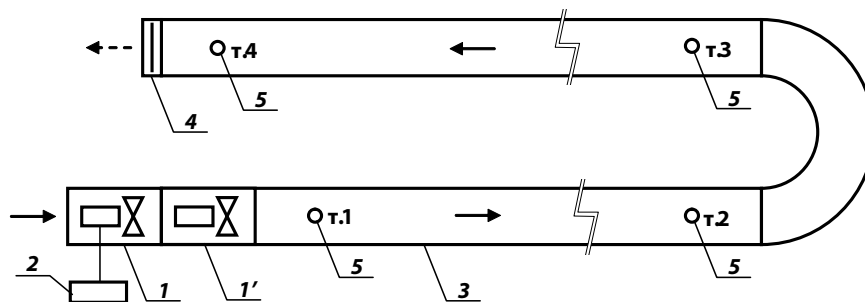


Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – рабочий ВМП, 1' – неработающий ВМП, 2 – частотный преобразователь, 3 – трубопровод
Fig. 1. Schematic diagram of the test bench: 1 – operating VMP, 1' – non-operating VMP, 2 – frequency converter, 3 – pipes

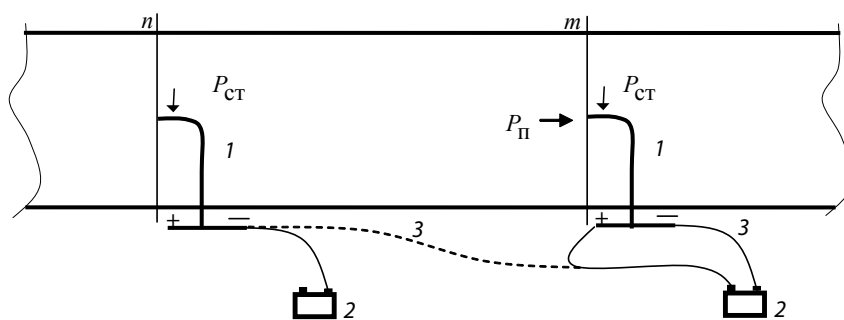


Рис. 2. Схема измерения в трубопроводе статического давления (сечение n), динамического давления (сечение m), статической депрессии (сечения n-m): 1 – воздухомерная трубка Пито, 2 – измеритель абсолютного и дифференциального давления или микроманометр, 3 – шланги
Fig. 2. Schematic diagram of the static pressure (section n), dynamic pressure (section m), static depression (sections n-m) measurement in the pipe: 1 – Pitot tube, 2 – absolute and differential pressure gauge or micromanometer, 3 – hoses

Средняя по сечению скорость воздуха оценивалась непосредственным замером в трубопроводе с помощью анемометра АПР-2.

Статическая депрессия определялась между соседними пунктами по формуле:

$$h_{ст\ n-м} = p_{ст\ n\ зам} - p_{ст\ m\ зам'} \quad (4)$$

где $p_{ст\ n\ зам}$; $p_{ст\ m\ зам'}$ – замеры абсолютного давления, Па.

В это уравнение вводились поправки, если за время проведения измерений имело место существенное изменение атмосферного давления, влияющее при съёмке на показания прибора. Измеренные значения давлений корректировались по следующей формуле:

$$p_{ст\ n\ прив} = p_{ст\ n\ зам} \pm \Delta p, \quad (5)$$

где $p_{ст\ n\ зам}$ – измеренная величина абсолютного давления; Δp – колебания атмосферного давления в период замеров.

При прямом замере депрессии криволинейного участка с целью оценки аэродинамического сопротивления поворота трубопровода статическая депрессия определялась непосредственно по показаниям прибора. Расчет скоростной депрессии выполнялся при наличии значительных утечек в трубопроводе.

При определении фактической аэродинамической характеристики ВМП аэродинамическое сопротивление трубопровода определялось по известным формулам, на основании полученных величин расхода воздуха и депрессии при замерах, выполняющихся при различной длине трубопровода между точками наблюдений (т. 1-4). При достижении максимальной длины трубопровода его сопротивление регулировалось шибером-заслонкой. Положение шибера, обеспечивающего дополнительное сопротивление, фиксировалось с помощью нанесенных делений, величина сопротивления определялась по формуле:

$$R_{ок} = R_{общ} - R_{тр}, \quad (6)$$

где $R_{общ}$ и $R_{тр}$ – эродинамические сопротивления трубопровода с прикрытой (общее) и открытой заслонкой.

В качестве основной (базовой) установлена номинальная частота 3000 об./мин, соответствующая относительной скорости вращения рабочего колеса, которая принята за 100%. Диаметр трубопровода, где проводились замеры, составлял 0,8 м.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Приведенные в координатах «депрессия-расход» результаты прямых измерений при изменении аэродинамического сопротивления сети позволили выделить в характеристике ВМП: точки максимальной депрессии; области «седла»; точки вершины «горба», что является характерной особенностью осевых вентиляторов. На основании результатов измерений при различных условиях (наличие/отсутствие в сети второго выключенного вентилятора, регулирование вращения) получены дополнительные точки характеристики ВМП расчетным путем, которые хорошо согласуются с результатами прямых измерений. На этом основании получена аппроксимирующая кривая с высокой точностью аппроксимации (коэффициент детерминированности) – 0,936 (рис. 3).

Выделенная зона левее точки вершины «горба» – область неустойчивой работы, способствующая возникновению помпажных явлений, связанных с сильными колебаниями подачи и давления. В дальнейшем аппроксимация натурных данных проводилась в области устойчивой работы ВМП, что позволяет описать полученные точки квадратичной зависимостью, а также повысить точность аппроксимации. Построенные линии тренда для скоростей вращения 100%, 110%, 80% и 60% приведены на рис. 4.

Увеличение частоты вращения на 10% для одного ВМП позволит:

- при подаче 10 м³/с увеличить длину трубопровода со 140 до 270 м (точки 1 и 2);
- при подаче 9 м³/с увеличить длину трубопровода с 300 до 420 м (точки 3 и 4);
- при подаче 8 м³/с увеличить длину трубопровода с 450 до 590 м (точки 5 и 6).

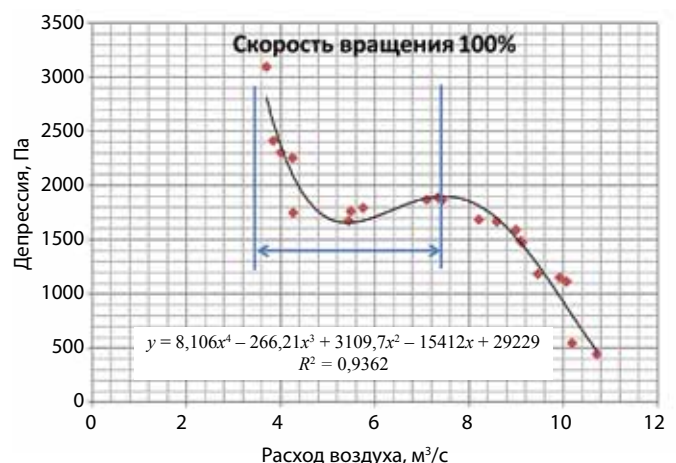
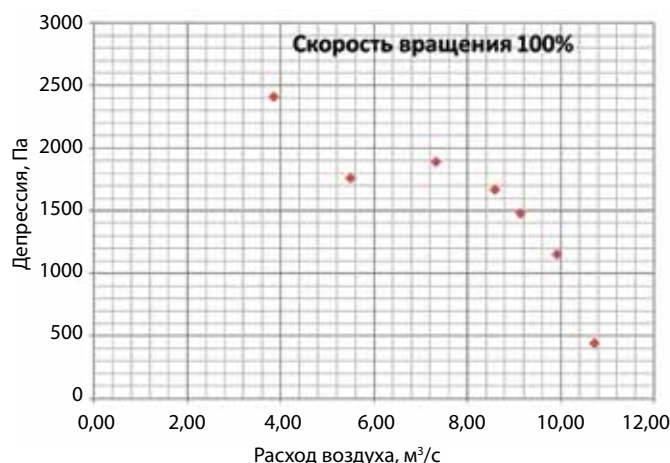


Рис. 3. Точки, полученные по данным прямых замеров и аппроксимирующая кривая, построенная на основе полученных данных и дополнительных расчетных точек

Fig. 3. Points obtained from direct measurements and an approximation curve built based on the received data and additional calculated points

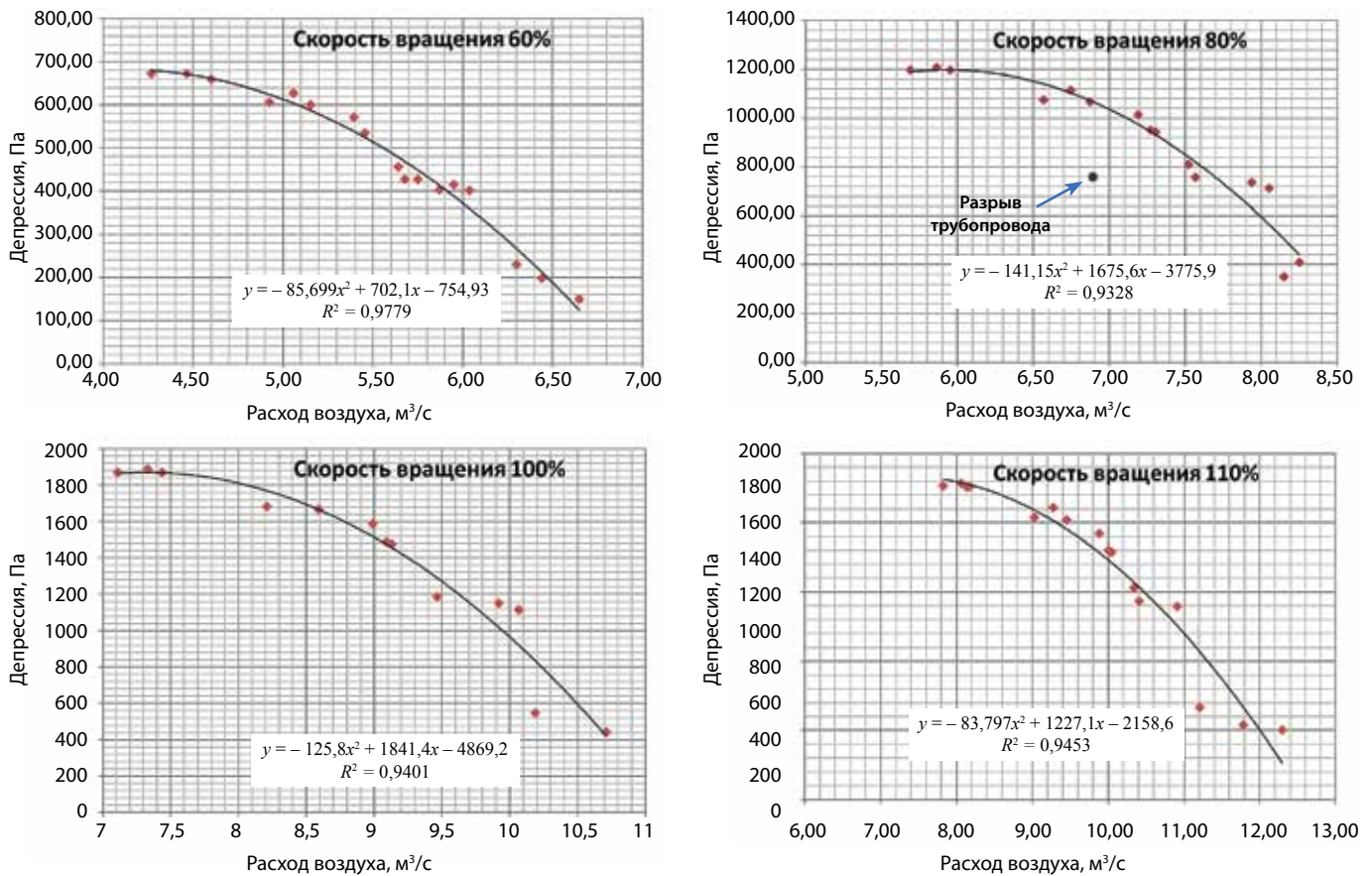


Рис. 4. Аппроксимирующие кривые зоны устойчивой работы ВМП для скоростей вращения рабочего колеса, соответствующим 60%, 80%, 100%, 110% от базовой частоты

Fig. 4. Approximating curves of the stable operation zone of the fan for impeller rotation speeds corresponding to 60%, 80%, 100%, 110% of the base frequency

Увеличение частоты вращения на 10% для двух последовательно установленных ВМП позволит:

- при подаче 10 м³/с увеличить длину трубопровода с 80 до 155 м (точки 1 и 2);
- при подаче 9 м³/с увеличить длину трубопровода со 180 до 240 м (точки 3 и 4);
- при подаче 8 м³/с увеличить длину трубопровода с 270 до 335 м (точки 5 и 6).

Предельная длина трубопровода для одного ВМП при относительной скорости вращения рабочего колеса 100% в данных условиях составляет 330 м (точка 7), дальнейшее наращивание трубы приведет к смещению рабочей точки в область неустойчивой работы. Для относительной скорости вращения рабочего колеса 110% возможно применение трубопровода с максимальной длиной 410 м (точка 8). Подача при этом составит 7,37 м³/с.

Для определения режимов работы двух последовательно установленных однотипных вентиляторов их совместные характеристики получены удвоением депрессий по фиксированным расходам с последующим умножением на поправочный коэффициент 0,85. Этот коэффициент установлен на основании натурных исследований и учитывает потери депрессии на закручивание потока при отсутствии спрямляющего аппарата при выходе из первого вентилятора и преодоление сопротивления корпуса второго вентилятора. Таким образом, полученные результаты бо-

лее объективно характеризуют действительные режимы при совместной работе вентиляторов. При расчете без поправочного коэффициента графическое решение данной задачи соответственно дает результаты с большими расходами.

Предельная длина трубопровода при относительной скорости вращения рабочего колеса 100% в данных условиях составляет 570 м (точка 7), дальнейшее наращивание трубы приведет к смещению рабочей точки в область неустойчивой работы. Для относительной скорости вращения рабочего колеса 110% возможно применение трубопровода с максимальной длиной 710 м (точка 8). Подача при этом составит 7,4 м³/с.

Аналогично получены характеристики для одного и двух последовательно установленных однотипных вентиляторов при работе на трубопровод диаметром 1,0 м (рис. 5).

Полученные характеристики ВМП при относительной скорости вращения рабочего колеса в диапазоне 60–110% совмещены с характеристиками аэродинамического сопротивления прямолинейного участка трубопровода диаметром 1,0 м в пределах его длины 100–1130 м для одного и в пределах длины 200–1900 м для двух последовательно соединенных вентиляторов.

Увеличение частоты вращения на 10% для одного ВМП позволит:

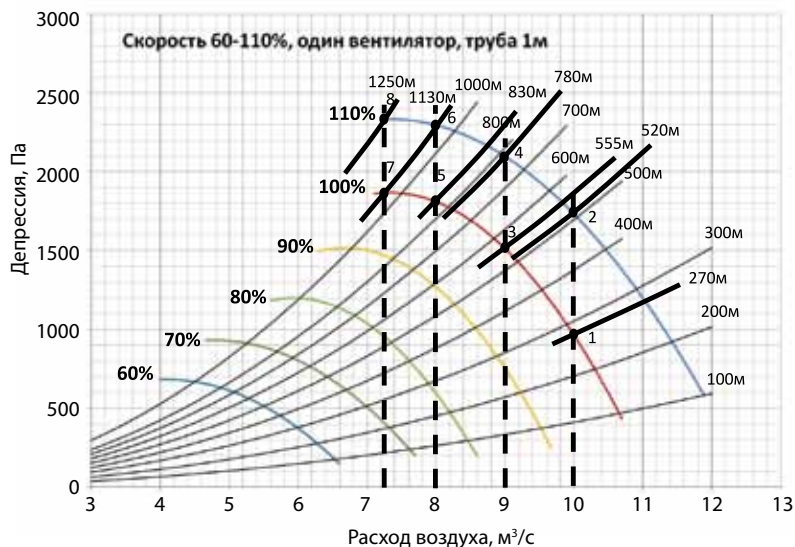


Рис. 5. Сводный график зоны устойчивой работы одного и двух последовательно установленных ВМП на трубопровод диаметром 1,0 м, для 60-110% от базовой частоты
 Fig. 5. Graph of stable operation of one and two fans installed in series on a pipeline with a diameter of 1.0 m, for 60-110% of the base frequency

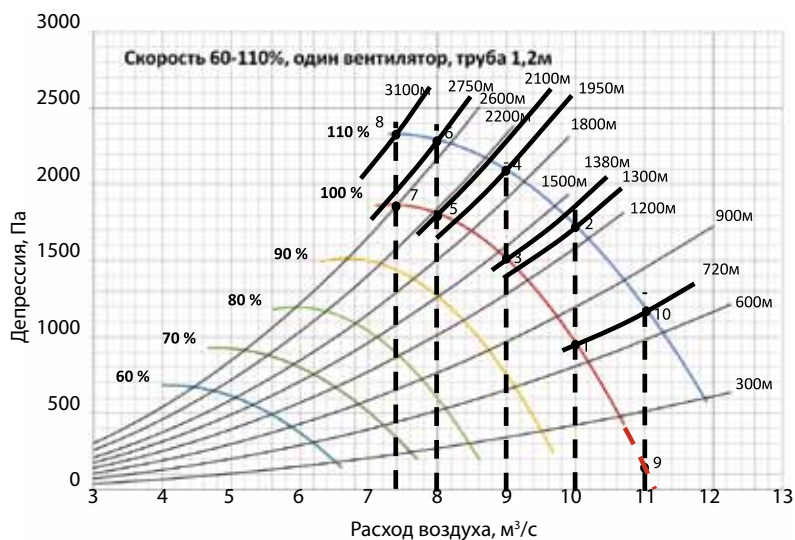


Рис. 6. Сводный график зоны устойчивой работы одного и двух последовательно установленных ВМП на трубопровод диаметром 1,2 м, для 60-110% от базовой частоты
 Fig. 6. Graph of stable operation of one and two fans installed in series on a pipeline with a diameter of 1,2 m, for 60-110% of the base frequency

- при подаче 10 м³/с увеличить длину трубопровода с 270 до 520 м (точки 1 и 2);
- при подаче 9 м³/с увеличить длину трубопровода с 555 до 780 м (точки 3 и 4);
- при подаче 8 м³/с увеличить длину трубопровода с 830 до 1130 м (точки 5 и 6).

Предельная длина трубопровода при относительной скорости вращения рабочего колеса 100% в данных условиях составляет 1100 м (точка 7), дальнейшее наращивание трубы приведет к смещению рабочей точки в область неустойчивой работы. Для относительной скорости вращения рабочего колеса 110% возможно применение

трубопровода с максимальной длиной 1250 м (точка 8). Подача при этом составит 7,25 м³/с.

Увеличение частоты вращения на 10% для двух последовательно установленных ВМП позволит:

- при подаче 10 м³/с увеличить длину трубопровода с 480 до 880 м (точки 1 и 2);
- при подаче 9 м³/с увеличить длину трубопровода с 950 до 1330 м (точки 3 и 4);
- при подаче 8 м³/с увеличить длину трубопровода с 1490 до 1900 м (точки 5 и 6).

Предельная длина трубопровода при относительной скорости вращения рабочего колеса 100% в данных условиях составляет 1800 м (точка 7), дальнейшее наращивание трубы приведет к смещению рабочей точки в область неустойчивой работы. Для относительной скорости вращения рабочего колеса 110% возможно применение трубопровода с максимальной длиной 2200 м (точка 8). Подача при этом составит 7,35 м³/с.

Аналогично получены характеристики для одного и двух последовательно установленных однопотных вентиляторов при работе на трубопровод диаметром 1,2 метра (рис. 6).

Полученные характеристики ВМП при относительной скорости вращения рабочего колеса в диапазоне 60-110% совмещены с характеристиками аэродинамического сопротивления прямолинейного участка трубопровода диаметром 1,2 м в пределах его длины 300-2600 м для одного и в пределах длины 600-4500 м для двух последовательно соединенных вентиляторов.

Увеличение частоты вращения на 10% для одного ВМП позволит:

- при подаче 10 м³/с увеличить длину трубопровода с 720 до 1300 м (точки 1 и 2);
- при подаче 9 м³/с увеличить длину трубопровода с 1380 до 1950 м (точки 3 и 4);
- при подаче 8 м³/с увеличить длину трубопровода с 2100 до 2750 м (точки 5 и 6).

Предельная длина трубопровода при относительной скорости вращения рабочего колеса 100% в данных условиях составляет 2600 м (точка 7), дальнейшее наращивание трубы приведет к смещению рабочей точки в область неустойчивой работы. При этом для относительной скорости вращения рабочего колеса 110% возможно применение

трубопровода с максимальной длиной 3100 м (точка 8). Подача при этом составит 7,4 м³/с.

При расходе 11 м³/с приращение относительной скорости вращения рабочего колеса от 100 до 110% приведет к перемещению рабочей точки из области низкого КПД (точка 9) в область более высокого КПД (точка 10), что соответствует длине трубопровода 720 м.

Увеличение частоты вращения на 10% для двух последовательно установленных ВМП позволит:

- при подаче 10 м³/с увеличить длину трубопровода с 1280 до 2280 м (точки 1 и 2);

Результаты исследований режимов работы ВМП

Results of studying the booster fan operation modes

Условия работы ВМП	Диаметр трубопровода, м	Подача вентилятора, м ³ /с	Максимальная длина трубопровода, м		Коэффициент приращения максимальной длины
			Относительная скорость вращения рабочего колеса 100%	Относительная скорость вращения рабочего колеса 110%	
1 вентилятор	0,8	8	270	335	1,24
		9	180	240	1,33
		10	80	155	1,94
2 вентилятора	0,8	8	450	590	1,31
		9	300	420	1,4
		10	140	270	1,93
1 вентилятор	1,0	8	830	1130	1,36
		9	555	780	1,41
		10	270	520	1,93
2 вентилятора	1,0	8	1490	1900	1,27
		9	950	1330	1,4
		10	480	880	1,83
1 вентилятор	1,2	8	2100	2750	1,31
		9	1380	1950	1,41
		10	720	1300	1,81
2 вентилятора	1,2	8	3800	4600	1,21
		9	2450	3350	1,37
		10	1280	2280	1,78

– при подаче 9 м³/с увеличить длину трубопровода с 2450 до 3350 м (точки 3 и 4);

– при подаче 8 м³/с увеличить длину трубопровода с 3800 до 4600 м (точки 5 и 6).

Предельная длина трубопровода при относительной скорости вращения рабочего колеса 100% в данных условиях составляет 4600 м (точка 7), дальнейшее наращивание трубы приведет к смещению рабочей точки в область неустойчивой работы. Для относительной скорости вращения рабочего колеса 110% возможно применение трубопровода с максимальной длиной 5200 м (точка 8). Подача при этом составит 7,35 м³/с.

При расходе 11 м³/с приращение относительной скорости вращения рабочего колеса от 100 до 110% приведет к перемещению рабочей точки из области низкого КПД (точка 9) в область более высокого КПД (точка 10), что соответствует длине трубопровода 1280 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследований сведены в таблицу.

Из таблицы следует, что при увеличении скорости вращения со 100 до 110% увеличивается и максимальная длина трубопровода, по которому возможно подать заданный расход воздуха. При этом величина приращения длины трубопровода прямо зависит от заданного расхода. Так, при расходе 8 м³/с длина трубопровода может быть увеличена в 1,21-1,36 раза; при расходе 9 м³/с – в 1,33-1,41 раза; при расходе 10 м³/с – в 1,78-1,94 раза.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Получены фактические характеристики ВМП, представляющие собой аппроксимирующие кривые с высокой

точностью аппроксимации (коэффициент детерминированности – 0,933–0,978) для скоростей вращения рабочего колеса 60–110% в области устойчивой работы вентилятора.

2. В результате измерений определено фактическое аэродинамическое сопротивление трубопровода диаметром 0,8 м, на базе которого получены расчетные значения аэродинамического сопротивления для прямолинейных участков трубопровода различных длины и диаметров.

3. При сопоставлении полученных характеристик ВМП в области устойчивой работы (соответственно для одного и двух последовательно установленных вентиляторов) при относительной скорости вращения рабочего колеса в диапазоне 60–110% (с интервалом 10%) с характеристиками аэродинамического сопротивления прямолинейных участков трубопровода диаметром 0,8, 1,0 и 1,2 м в пределах подачи при приемлемых значениях КПД 8–10 м³/с установлено, что увеличение частоты вращения рабочего колеса со 100 до 110% позволяет увеличить длину трубопровода: при расходе 8 м³/с в 1,21-1,36 раз; при расходе 9 м³/с в 1,33-1,41 раз; при расходе 10 м³/с в 1,78-1,94 раза.

4. Приращение относительной скорости вращения рабочего колеса от 100 до 110% позволит увеличить расход до 11 м³/с за счет перемещения точки режима работы из области низкого КПД (точка 9) в область более высокого КПД (точка 10), при соответствующих величинах сопротивления трубопровода.

5. Регулирование подачи вентилятора с помощью частотного преобразователя позволяет при пуске добиться плавного нарастания давления в трубопроводе, что положительно сказывается на его техническом состоянии, снижая риск порывов, и способствует увеличению срока его службы. При этом также снижается нагрузка на рабочее

колесо и двигатель вентилятора, что уменьшает вероятность его перегрева и выхода из строя.

6. Полученные данные свидетельствуют о возможности значительного повышения эффективности проветривания тупиковых выработок при регулировании скорости вращения рабочего колеса ВМП с помощью частотного преобразователя, что дает основание рекомендовать этот способ для практического применения в условиях горного производства.

Список литературы

1. Физические аспекты определения потерь давления воздуха в вентиляционных трубопроводах / И.Е. Колесниченко, Е.А. Колесниченко, В.Б. Артемьев и др. // Уголь. 2015. № 5. С. 68-73. DOI: 10.18796/0041-5790-2015-5-68-73.
2. Мохирев Н.Н., Радько В.В. Экономические показатели при замене крупных вентиляторов на вентиляторы меньшего типоразмера // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2006. № 1. С. 314-318.
3. Нгуен Минь Фьен. Анализ области применения схем проветривания газообильных протяженных тупиковых выработок для угольных шахт Вьетнама // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. Специальный выпуск № 7. С. 110-116.
4. Смирняков В.В., Попов М.М., Нгуен Минь Фьен. Моделирование процессов формирования застойных зон в газообильных подготовительных выработках // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. Специальный выпуск № 7. С. 419-428.
5. Колесниченко Е.А., Колесниченко И.Е., Ткачук Р.В. Закономерности вентиляции призабойного пространства тупиковых выработок: новая концепция // Уголь. 2007. № 2. С. 16-19.
6. Факторы воздействия комбайна при добыче угля на увеличение метаноотдачи массива в рабочее пространство лавы / М.В. Павленко, М.П. Хайдина, Д.А. Кузиев и др. // Уголь. 2019. № 4. С. 8-11. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-4-8-11.
7. Вибрационное воздействие через скважины и технология дегазационной подготовки низкопроницаемого угольного пласта / М.В. Павленко, Н.Г. Барнов, Д.А. Кузиев и др. // Уголь. 2020. № 1. С. 36-40. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-1-36-40.
8. Зедгенизов Д.В. Система автоматического управления частотным электроприводом тоннельного вентилятора метрополитена // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2008. № 4. С. 207-210.
9. Эпштейн И.И. Выбор оптимального варианта электропривода для мощных механизмов с вентиляторной моментной характеристикой // Электротехнические и компьютерные системы. 2011. № 3. С. 188-190.
10. Шонин О.Б., Пронько В.С. Минимизация потерь в частотно-регулируемом приводе вентиляторов главного проветривания шахт // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2014. № 2. С. 70-77.
11. Мухамадеев А.Р. Преобразователи частоты и устройства плавного пуска для электроприводов переменного тока // Энергетика Татарстана. 2010. № 1. С. 44-53.
12. Рушкин Е.И., Семенов А.С. Исследование системы частотно-регулируемого электропривода вентилятора главного проветривания при помощи моделирования // Технические науки – от теории к практике. 2013. № 20. С. 34-41.
13. Маслов И.П., Семькина И.Ю. Обеспечение безопасности горных работ в угольных шахтах при проведении тупиковых выработок средствами вентиляторов местного проветривания / Безопасность жизнедеятельности предприятий в промышленно развитых регионах: Материалы X Международной научно-практической конференции, 28-29 ноября 2013 г. Кемерово: КузГТУ, 2013. С. 117-123.
14. Маслов И.П., Семькина И.Ю. Вопросы обеспечения энергетической эффективности и безопасности ведения горных работ за счет усовершенствования систем местного проветривания угольных шахт // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2013. № 1.2. С. 105-110.
15. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по аэрологической безопасности угольных шахт». Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № 506 от 8 декабря 2020 г.
16. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт. Минуглепром СССР. Макеевка – Донецк: Ротапринт МакНИИ, 1989. 320 с.
17. Накаряков Е.В. Определение параметров работы ВМП на гибкий трубопровод при проветривании протяженных тупиковых выработок. В сборнике научных трудов «Стратегия и процессы освоения георесурсов». Пермь: Издательство Горного института Уральского отделения Российской академии наук, 2016. С. 281-285.

Original Paper

UDC 622.002.5:622.46 © V.V. Smirnyakov, A.V. Lejsle, R.D. Magomet, S.G. Mukhortikov, O.V. Pinsker, D.O. Anisimov, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 7, pp. 59-67
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-59-67>

Title

EXPERIMENTAL STUDIES TO ENHANCE THE EFFICIENCY OF BOOSTER FANS BY CHANGING THE ROTATION FREQUENCY OF THE IMPELLER

Authors

Smirnyakov V.V.¹, Lejsle A.V.¹, Magomet R.D.¹, Mukhortikov S.G.², Pinsker O.V.², Anisimov D.O.²

¹ St. Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, 199106, Russian Federation

² Transmash LLC, Leninsk-Kuznetskij, 652523, Russian Federation

MINING EQUIPMENT

Authors Information

Smirnyakov V.V., PhD (Engineering), Associated professor of Department of Occupational Safety, e-mail: smirnyakovvv@yandex.ru
Lejsle A.V., PhD (Engineering), Associated professor of Department of Occupational Safety, e-mail: groz-4@yandex.ru
Magomet R.D., PhD (Engineering), Associated professor of Department of Occupational Safety, e-mail: rmagomet@yandex.ru
Mukhortikov S.G., PhD (Engineering), Deputy General Director for Scientific Work, e-mail: Smukhortikov@inbox.ru
Pinsker O.V., General Director, e-mail: pinol62@mail.ru
Anisimov D.O., Head of Project Department, e-mail anisimov.do@gmail.com

Abstract

The paper discusses the methodology and results of experimental studies of a method to improve the operating efficiency of booster fans when ventilating development galleries in coal mines. The authors suggest to control the fan by means of an electric drive with the variable rotation frequency of the impeller. It is determined that in addition to the existing methods the most rational way of control is to change the rotation frequency of the fan's impeller. The objectives of the experiment were to determine the aerodynamic parameters of a booster fan when changing the frequency of the alternating current supplied to the electric motor, the leakage factor and the maximum length of the pipe to ensure the specified air flow rate. A fan with a frequency converter operating on a pipe section was installed to perform the experiment, and a measurement technique was designed. The booster fan delivery was controlled by changing the rotation frequency of the impeller at different resistance values, while the air velocity and the depression were assessed for the investigated pipe sections. The actual booster fan characteristics were collected with high approximation accuracy. The actual air drag was determined and the calculated values were obtained for rectilinear pipe sections of different lengths and diameters. It is established, that an increase in the rotation frequency of the impeller allows to increase the length of the pipe at the given flow rates. The results were compared with the values obtained when operating booster fans without an AC frequency converter. It is shown that the efficiency can be enhanced at the appropriate pipe drag values. It is noted that controlling the delivery rate by changing the rotation frequency of the impeller contributes to extending the service life of the ventilation equipment. Based on the obtained results, a conclusion is made on the possibility to apply this control method in coal mines.

Keywords

Booster fan, Frequency control, Ventilation of development galleries, Frequency converter, Aerodynamic characteristics, Depression, Flow rate, Rotation frequency of the impeller.

References

1. Kolesnichenko I.E., Kolesnichenko E.A., Artemiev V.B. & Cherechukin V.G. Physical Aspects of Air Pressure Losses Definition in Ventilation Pipelines. *Ugol'*, 2015, No. 5, pp. 68-73. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2015-5-68-73.
2. Mokhiev N.N. & Radko V.V. Economic performance indicators when replacing large fans with smaller-sized fans. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politehnicheskogo universiteta. Geologiya, neftegazovoe i gornoe delo*, 2006, (1), pp. 314-318. (In Russ.).
3. Nguyen Minh Phien. Analysis of the ventilation schemes for long gas rich blind drifts for Vietnamese coal mines. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'*, 2015. Special Issue No.7, pp. 110-116. (In Russ.).
4. Smirnyakov V.V., Popov M.M. & Nguyen Minh Phien. Justification of a methodical approach of aerologic evaluation of methane hazard in development

workings at mines of Vietnam. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'*, 2015, Special Issue No.7, pp. 419-428. (In Russ.).

5. Kolesnichenko E.A., Kolesnichenko I.E. & Tkachuk R.V. Regularities in ventilation of the face area in blind drifts: a new conception. *Ugol'*, 2007, (2), pp. 16-19. (In Russ.).
6. Pavlenko M.V., Khaidina M.P., Kuziev D.A., Pihtorinskiy D. & Muratov A.Z. Impacts of the combine harvester in the production of coal to increase methane recovery array in the workspace lava. *Ugol'*, 2019, No. 4, pp. 8-11. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-4-8-11.
7. Pavlenko M.V., Barnov N.G., Kuziev D.A., Kenzhabaev K.N. & Monzoev M.V. Vibration impact through wells and the technology of degassing of the preparation of low-permeability coal seam. *Ugol'*, 2020, No. 1, pp. 36-40. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-1-36-40.
8. Zedgenizov D.V. Automatic control system of the frequency electric drive for a fan in the underground railway tunnel. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'*, 2008, (4), pp. 207-210. (In Russ.).
9. Epstein I.I. Selection of optimal electric drive options for heavy-duty machines with fan torque curve. *Elektrotehnicheskie i komp'yuternye sistemy*, 2011, (3), pp. 188-190. (In Russ.).
10. Shonin O.B. & Pronko V.S. Minimization of losses in the variable frequency drive of the main mine ventilation fans. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta*, 2014, (2), pp. 70-77. (In Russ.).
11. Mukhamadeyev A.R. Frequency converters and soft starters for AC drives. *Energetika Tatarstana*, 2010, (1), pp. 44-53. (In Russ.).
12. Rushkin E.I. & Semyonov A.S. Investigation of variable frequency electric drive system of main ventilation fan using simulation. *Tehnicheskie nauki – ot teorii k praktike*, 2013, (20), pp. 34-41. (In Russ.).
13. Maslov I.P. & Semykina I.Yu. Ensuring mining safety when driving blind drifts in coal mines by means of booster fans. Safety of enterprises in industrially developed regions: Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference, November 28-29, 2013, Kemerovo, KuzSTU, 2013, pp. 117-123. (In Russ.).
14. Maslov I.P. & Semykina I.Yu. Challenges of ensuring energy efficiency and safety in coal mines through improving the booster fan systems. *Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti*, 2013, (1.2), pp. 105-110. (In Russ.).
15. Guidance on Aerological Safety of Coal Mines' Federal Norms and Rules in Industrial Safety. Order No. 506 of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision as of December 08, 2020.
16. Guidelines for designing coal mine ventilation systems. The USSR Ministry of Coal Industry, Makeyevka – Donetsk, Rotaprint edition, MakNII Publ., 1989, 320 p. (In Russ.).
17. Nakaryakov E.V. Determination of booster fan operation parameters for flexible pipeline when ventilating extended blind drifts. In collection of scientific papers 'Strategy and processes in development of georesources'. Perm, Institute of Mining of the Ural Branch of RAS Publ., 2016, pp. 281-285. (In Russ.).

For citation

Smirnyakov V.V., Lejsle A.V., Magomet R.D., Mukhortikov S.G., Pinsker O.V. & Anisimov D.O. Experimental studies to enhance the efficiency of booster fans by changing the rotation frequency of the impeller. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 59-67. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-59-67.

Paper info

Received May 25, 2023

Reviewed June 14, 2023

Accepted June 26, 2023

Исследование процесса термического растворения угля марки Г*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-68-71>

ЧЕРКАСОВА Т.Г.

Доктор хим. наук, профессор,
директор Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, Кемерово, Россия,
e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

НЕВЕДРОВ А.В.

Канд. техн. наук, доцент,
доцент Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, Кемерово, Россия,
e-mail: nevedrov@kuzstu.ru

ПАПИН А.В.

Канд. техн. наук, доцент,
доцент Института химических
и нефтегазовых технологий
ФГБОУ ВО «Кузбасский
государственный технический
университет имени Т.Ф. Горбачева»,
650000, Кемерово, Россия,
e-mail: pav.httt@kuzstu.ru

В статье рассматривается процесс термического растворения органической массы каменного угля марки Г в антраценовом масле. Целевыми продуктами данного процесса являются пекоподобные продукты. Пековые продукты являются ценным сырьем для производства углеродных волокон, в производстве электродов и другой углеродистой продукции. При проведении исследований термического растворения угля марки Г в качестве растворителя применялось антраценовое масло – продукт переработки каменноугольной смолы. Конечная температура процесса термического растворения варьировалась в интервале 350–400°C. Для приготовления углемасляной смеси использовалось соотношение 30% угля марки Г и 70% антраценового масла. Для полученного пекоподобного продукта были определены его качественные характеристики. На основе полученных результатов дана оценка возможности применения данного продукта.

Ключевые слова: уголь, антраценовое масло, пекоподобный продукт, пек, термическое растворение, углеродные волокна.

Для цитирования: Черкасова Т.Г., Неведров А.В., Папин А.В. Исследование процесса термического растворения угля марки Г // Уголь. 2023. № 7. С. 68–71. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-68-71.

ВВЕДЕНИЕ

Для покрытия дефицита каменноугольного пека на российском и мировом рынках для электродной промышленности и производства пековых углеродных волокон наиболее перспективным направлением развития промышленного производства является получение пекоподобных продуктов по технологии термического растворения углей [1, 2, 3, 4].

В процессе термического растворения углей их органическая масса распадается с образованием низкомолекулярных соединений, которые переходят в газовую и жидкую фазы. Термическое растворение угля включает последовательные стадии набухания угольных частиц, пептизации мицеллярной структуры, термической деструкции слабых валентных мостиковых связей и солюбилизации образующихся продуктов растворителем-пастообразователем.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Выход и состав пековых продуктов, получаемых при термическом растворении твердых горючих ископаемых, значительно зависят от температурного режима процесса, используемого растворителя, марки и качества угля.

* Исследование выполнено за счет гранта Минобрнауки России (Соглашение № 075-15-2022-1193).

Гумусовые угли различных марок по растворимости в органических растворителях располагаются в следующей последовательности: Г, Д, Ж, К, антрацит, графит. Растворимость углей снижается с увеличением содержания углерода. Петрографические макрокомпоненты по способности растворяться в органических растворителях располагаются в следующей последовательности: витрен > кларен > дюрен > фюзен.

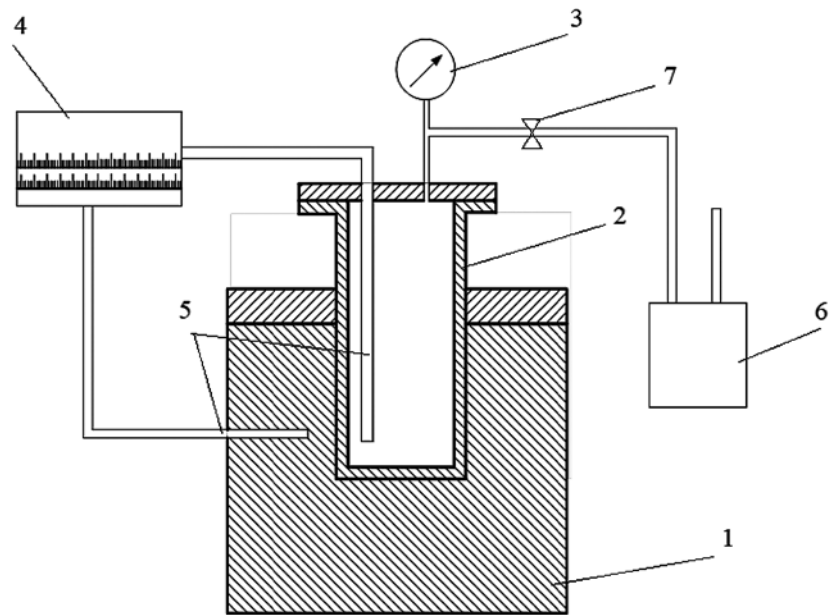
Вследствие сшитого полимероподобного строения органическая масса угля характеризуется ограниченной растворимостью в органических растворителях как при комнатной температуре, так и при температурах кипения [5]. Молекулы растворителя, проникая в объем органической массы угля и сольватируя отдельные функциональные группы, нарушают межмолекулярную ассоциацию, что приводит к раздвижению цепей олигомеров и мультимеров, то есть к набуханию. При этом содержащиеся в полимероподобной матрице низкомолекулярные вещества (битумы) экстрагируются в раствор. На выход битумного экстракта большое влияние оказывает степень углефикации. Наибольший выход наблюдается у каменных углей средней стадии метаморфизма с содержанием углерода 80-82% [6].

Регулирование термических реакций возможно осуществлять путем подбора подходящего растворителя, который, стабилизируя радикальные частицы, способствует превращению органической массы углей в жидкие и растворимые вещества.

Эффективным растворителем углей является антраценовое масло, содержащее активные компоненты-сорастворители [7]. Его действие связано с присутствием доноров водорода (аценафтена, дигидроантрацена, флуорена, карбазола), переносчиков водорода (фенантрена, флуорантена), а также соединений с сольватирующими свойствами (хинолина, индола, фенола).

На качественные характеристики получаемых углемасляных пеков влияют свойства растворяемых углей и их концентрация в растворе [8, 9, 10, 11]. Чем больше угля растворяется, тем выше температура его размягчения.

По результатам исследований [12] было установлено, что наиболее надежными характеристиками свойств угля, которые можно использовать при прогнозировании величины конверсии его органической массы в хинолинрастворимые вещества, являются отражательная способность витринита, выход летучих веществ, содержание углерода и температура T_{max} , при которой происходит основное выделение летучих веществ при пиролизе. Зависимость конверсии от указанных параметров свойств углей носит экстремальный характер. Наиболее высокие показатели по конверсии имеют средне-метаморфизованные спекающиеся каменные угли с по-



Установка термического растворения углей: 1 – шахтная электропечь; 2 – реактор; 3 – манометр; 4 – контрольно-измерительные приборы; 5 – термопары; 6 – гидрозатвор; 7 – кран сброса избыточного давления
Installation of thermal dissolution of coals: 1 – shaft electric furnace; 2 – reactor; 3 – pressure gauge; 4 – instrumentation; 5 – thermocouples; 6 – hydraulic seal; 7 – overpressure relief valve

казателем отражения витринита 0,80-0,90, содержанием витринита более 70%, углерода – 83-86%, выходом летучих веществ 35-39% и с температурой $T_{max} = 465-475^{\circ}\text{C}$.

В Институте химических и нефтегазовых технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» были проведены исследования по термическому растворению углей с целью получения пекоподобного продукта и оценки его качества. Исследования проводились на лабораторной установке, представленной на рисунке.

В качестве исходного сырья использовались концентрат угля марки Г (шахта им. Кирова) и антраценовое масло. Образцы угольных концентратов подвергались исследованиям по определению следующих показателей их качества: содержание влаги на рабочее состояние угля W_r^r , %; зольность на сухое состояние угля A^d , %; выход летучих веществ на сухое беззольное состояние угля V^{daf} , %; индекс вспучивания угля I_v , мм; толщина пластического слоя угля V , мм; пластометрическая усадка X , мм; отражательная способность витринита R_o , %; содержание витринита V_r , %. Результаты исследований представлены в табл. 1.

Качественные характеристики антраценового масла представлены в табл. 2.

Исходный высушенный и измельченный уголь смешивался с антраценовым маслом в соотношении 30/70 до однородного пастообразного состояния. Полученная углемасляная смесь после взвешивания загружалась в реактор 3, где осуществлялся процесс термического растворения угля при конечных температурах процесса 350-400°C. После окончания процесса терморазстворения образо-

Таблица 1

Показатели качества угольного концентрата угля марки Г
Quality indicators of coal concentrate of grade G

Наименование показателя качества угля	$W_r, \%$	$A^d, \%$	$V^{daf}, \%$	$I_b, \text{мм}$	$Y, \text{мм}$	$X, \text{мм}$	$R_o, \%$	$V_r, \%$
Значение	9,8	8,1	37,9	121	17	41	0,679	94,0

Таблица 2

Качественные характеристики антраценового масла
Qualitative characteristics of anthracene oil

Наименование показателя	Значение показателя
Плотность при 20°C, кг/м ³	1130
Массовая доля воды, %	1,6
Массовая доля веществ, не растворимых в толуоле, %	0,25
Содержание золы, %	0,02
Компонентный состав, %:	
Нафталин	9,09
β -нафталин	1,03
α -нафталин	0,52
Диметил-нафталин	1,47
Аценафтен	3,16
Дифеленоксид	2,67
Флуорен	3,24
Антрацен	15,43

Таблица 3

Качественные характеристики пекоподобного продукта терморастворения угля
Qualitative characteristics of the baking-like product of thermal dissolution of coal

Температура процесса, °C	Показатели качества пекоподобного продукта					
	Выход продукта, %	$T_{\text{разм.}}, \text{°C}$	$A^d, \%$	$V^d, \%$	α -фракция, %	α_1 -фракция, %
350	68,5	58	3,0	76,4	38,9	6,5
370	70,3	70	3,5	74,2	36,7	5,7
400	71,6	65	2,5	76,4	32,8	3,9

вавшаяся парогазовая смесь отводилась через гидрозатор 6. Образовавшийся пекоподобный продукт охлаждался и взвешивался на весах.

В ходе исследований изучалось влияние конечной температуры процесса термического растворения угля на выход и качество пекоподобного продукта. Для полученных образцов пекоподобного продукта были определены следующие качественные характеристики: зольность A^d , выход летучих веществ V^d , температура размягчения $T_{\text{разм.}}$, содержание α -фракции (веществ, не растворимых в толуоле), содержание α_1 -фракции (веществ, не растворимых в хинолине). Данные характеристики представлены в табл. 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из представленных в табл. 3 полученных результатов исследований выявлена следующая зависимость: с увеличением конечной температуры в реакторе с 350 до 400°C наблюдаются увеличение выхода пекоподобного продукта, снижение содержания α -фракции и α_1 -фракции.

Такой пекоподобный продукт без дополнительной очистки может быть востребован в технологиях, не предъявляющих высоких требований к зольности пека (производство углеродистых огнеупоров и огнеупорных масс).

Для достижения качества пекоподобного продукта, соответствующего требованиям электродного пека, в дальнейшем требуется проведение научных исследований, направленных на снижение зольности этого продукта.

Список литературы

1. Синтетические пеки на основе антраценовой фракции каменноугольной смолы / И.В. Москалев, Т.Г. Тиунова, Д.М. Кисельков и др. // Кокс и химия. 2014. № 11. С. 19-29.
2. Петров А. П., Абатуров А.Л., Москалев И.В. Термообработка антраценовой фракции под давлением // Кокс и химия. 2016. № 8. С. 24-37.
3. Получение альтернативных пеков из углей / П.Н. Кузнецов, Е.Н. Маракушина, Ф.А. Бурюкин и др. // Химия в интересах устойчивого развития. 2016. № 24. С. 325-333.
4. Терморастворение углей сырьевой базы ПАО «Кокс» в среде антраценовой фракции каменноугольной смолы / И.С. Ветош-

- кина, В.С. Солодов, Т.Г. Черкасова и др. // Кокс и химия. 2019. № 2. С. 28-31.
5. The molecular representations of coal – A review / P. Jonathan, J.P. Mathews, L. Alan et al. // Fuel. 2012. Vol. 96. P. 1-14.
 6. Терморастворение углей ряда метаморфизма в среде антраценовой фракции смолы коксования / П.Н. Кузнецов, Н.В. Перминов, Л.И. Кузнецова и др. // Кокс и химия. 2019. № 4. С. 27-35.
 7. Термическое растворение угля ГЖ в среде различных пастообразователей / П.Н. Кузнецов, А.В. Обухова, Л.И. Кузнецова и др. // Химия твердого топлива. 2018. № 5. С. 20-26.
 8. Базегский А.Е., Школлер М.Б., Казимиров С.А. О взаимодействии угольного концентрата ГЖ + Ж с добавкой антраценовой фракции // Кокс и химия. 2015. № 4. С. 2-6.
 9. Thermal dissolution of Shenfu coal in different solvents / H. Shui, Y. Zhou, H. Li et al. // Fuel. 2013. Vol. 108. P. 385-390.
 10. Effect of coal soluble constituents on caking property of coal / H. Shui, M. Zheng, Z. Wang et al. // Fuel. 2007. No 86. P. 1396-1401.
 11. Wang Z., Shui H., Pan C. Structural characterization of the thermal extracts of lignite // Fuel Proc. Tech. 2014. Vol. 120. No. 4. P. 8-15.
 12. Терморастворение углей ряда метаморфизма в среде тетралина и антраценовой фракции смолы коксования / П.Н. Кузнецов, Н.В. Перминов, Л.И. Кузнецова и др. // Химия твердого топлива. 2020. № 2. С. 3-11.

Original Paper

UDC 662.749.33 © T.G. Cherkasova, A.V. Nevedrov, A.V. Papin, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 7, pp. 68-71
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-68-71>

Title
INVESTIGATION OF THE PROCESS OF THERMAL DISSOLUTION OF COAL GRADE G

Authors

Cherkasova T.G.¹, Nevedrov A.V.¹, Papin A.V.¹

¹ T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Authors information

Cherkasova T.G., Doctor of Chemical Sciences, Professor, Director of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru

Nevedrov A.V., PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: nevedrov@kuzstu.ru

Papin A.V., PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies, e-mail: pav.httt@kuzstu.ru

Abstract

The article discusses the process of thermal dissolution of the organic mass of coal grade G in anthracene oil. The target products of this process are baking-like products. Baking products are valuable raw materials for the production of carbon fibers, in the production of electrodes and other carbon products. When conducting studies of thermal dissolution of coal grade G, anthracene oil, a product of coal tar processing, was used as a solvent. The final temperature of the thermal dissolution process varied in the range of 350-400 °C. For the preparation of the coal-oil mixture, a ratio of 30% coal grade G and 70% anthracene oil was used. For the resulting baking-like product, its qualitative characteristics were determined. Based on the results obtained, the possibility of using this product is evaluated.

Keywords

Coal, Anthracene oil, Pitch-like product, Pitch, Thermal dissolution, Carbon fibers.

References

1. Moskalev I.V., Tiunova T.G., Kiselkov D.M., Petrov A.P., Valtsifer V.A. & Strelnikov V.N. Synthetic pakes based on anthracene fraction of coal tar. *Coke and chemistry*, 2014, (11), pp. 19-29. (In Russ.).
2. Petrov A.P., Abaturov A.L. & Moskalev I.V. Heat treatment of anthracene fraction under pressure. *Coke and chemistry*, 2016, (8), pp. 24-37. (In Russ.).
3. Kuznetsov P.N., Marakushina E.N., Buryukin F.A. & Ismagilov Z.R. Obtaining alternative pitches from coal. *Chemistry in the interests of sustainable development*, 2016, (24), pp. 325-333. (In Russ.).
4. Vetoshkina I.S., Solodov V.S., Cherkasova T.G., Subbotin S.P., Vasilyeva E.V. & Nevedrov A.V. Thermal dissolution of coals of the raw material base of PJSC

“Coke” in the medium of anthracene fraction of coal tar. *Coke and chemistry*, 2019, (2), pp. 28-31. (In Russ.).

5. Jonathan P., Mathews J.P., Alan L., Chaffee A. The molecular representations of coal – A review. *Fuel*, 2012, (96), pp. 1-14.

6. Kuznetsov P.N., Perminov N.V., Kuznetsova L.I., Kolesnikova S.M., Kamensky E.S., Pavlenko N.I. & Fetisova O.Yu. Thermal dissolution of coals of a series of metamorphism in the medium of anthracene fraction of coking resin. *Coke and chemistry*, 2019, (4), pp. 27-35. (In Russ.).

7. Kuznetsov P.N., Obukhova A.V., Kuznetsova L.I., Buryukin F.A., Pavlenko N.I., Kolesnikova S.M., Kamensky E.S. & Perminov N.V. Thermal dissolution of GJ coal in the medium of various paste-forming agents. *Chemistry of solid fuel*, 2018, (5), pp. 20-26. (In Russ.).

8. Bazegsky A.E., Shkoller M.B. & Kazimirov S.A. On the interaction of coal concentrate GJ + W with the addition of anthracene fraction. *Coke and chemistry*, 2015, (4), pp. 2-6. (In Russ.).

9. Shui H., Zhou Y., Li H., Wang Z., Lei Z., Ren S., Pan C. & Wang W. Thermal dissolution of Shenfu coal in different solvents. *Fuel*, 2013, (108), pp. 385.

10. Shui H., Zheng M., Wang Z. & Li X. Effect of coal soluble constituents on caking property of coal. *Fuel*, 2007, (86), pp. 1396.

11. Wang Z., Shui H. & Pan C. Structural characterization of the thermal extracts of lignite. *Fuel Proc. Technol.*, 2014, (120), pp. 8.

12. Kuznetsov P.N., Perminov N.V., Kuznetsova L.I., Buryukin F.A., Kolesnikova S.M., Kamensky E.S. & Pavlenko N.I. Thermal dissolution of coal of a number of metamorphisms in the medium of tetraline and anthracene fraction of coking resin. *Chemistry of solid fuel*, 2020, (2), pp. 3-11. (In Russ.).

Acknowledgements

The research was financially supported by a grant from the Russian Ministry of Education and Science (Agreement No. 075-15-2022-1193).

For citation

Cherkasova T.G., Nevedrov A.V. & Papin A.V. Investigation of the process of thermal dissolution of coal grade G. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 68-71. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2023-7-68-71](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-68-71).

Paper info

Received June 2, 2023

Reviewed June 14, 2023

Accepted June 26, 2023

Систематизация причин возникновения аварийных ситуаций при строительстве подземных сооружений

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-72-74>

ЦЮПА Д.А.

Горный инженер, соискатель кафедры
«Строительство подземных сооружений
и горных предприятий»
Горного института НИТУ МИСИС
119991, г. Москва, Россия,
e-mail: sps@misis.ru

Обоснована актуальность проведения исследований в области систематизации причин возникновения аварийных ситуаций при строительстве подземной инфраструктуры Московского метрополитена – актуальность и приоритетность этого направления подчеркивается стремительно развивающимися требованиями промышленной безопасности, предъявляемыми к устойчивому и эффективному освоению новых участков подземного строительства с учетом сложившейся и функционирующей инфраструктуры. Приведена классификация нештатных ситуаций при строительстве метрополитена с отображением результатов, причин и способов устранения.

Ключевые слова: аварийные ситуации, систематизация причин, классификация нештатных ситуаций, тоннельные сооружения, технологии подземного строительства.

Для цитирования: Цюпа Д.А. Систематизация причин возникновения аварийных ситуаций при строительстве подземных сооружений // Уголь. 2023. № 7. С. 72-74. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-72-74.

ВВЕДЕНИЕ

Общепринятой точкой зрения является утверждение о том, что, руководствуясь основными положениями Градостроительного кодекса РФ, все подземные сооружения в соответствии с функциональным назначением относятся к серии особо опасных, так как обладают довольно сложной технической и технологической иерархическими структурами с определенными энтропийными и эмерджентными свойствами. Процесс их функционирования в силу объективных и субъективных причин различного рода всегда связан с проявлением нештатных ситуаций, ассоциированных с авариями, на устранение негативных последствий которых требуются довольно значительные финансовые, материальные и людские ресурсы и временные лаги [1, 2, 3].

Под аварийной (нештатной) ситуацией следует понимать какое-либо событие, обусловленное проявлениями природных, техногенных либо человеческих факторов, а иногда и их совместным неблагоприятным влиянием, нарушающих технические и временные регламенты строительства подземных сооружений. Анализ опыта строительства различных объектов Московского метрополитена показывает, что аварийные ситуации проявляются в силу воздействия определенных силовых нагрузок на вмещающий массив и интенсивных

водопроявлений, нарушений правил техники безопасности и технических регламентов при сооружении подземных объектов и пр. [4, 5].

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

До 2012 г. в связи с реформенным периодом строительство объектов метрополитена в г. Москве характеризовалось довольно медленными темпами, а с 2012 г. получило толчок к интенсивному и устойчивому развитию.

Следует констатировать, что в течение последних пяти лет сформировалась достаточно устойчивая тенденция повышения уровня аварийности при строительстве объектов Московского метрополитена. Последствия аварийных ситуаций в этой сфере всегда приводили к разрушительным проявлениям инженерной, автотранспортной и промышленной инфраструктуры города. Имеет смысл остановиться на обобщающих тенденциях проявлений аварийных ситуаций в строительной сфере (см. таблицу).

Превалирующей причиной аварий является низкая технологическая подготовка процедуры строительства, которая приводит к нарушению технологических регламентов производства работ. Данная тенденция подтверждается результатами исследований [1, 2], где в качестве превалирующей причины заявляются «критические дефекты» при реализации строительно-монтажных работ и дефектовка строительных конструкций.

Если обобщающе систематизировать проявления аварийных ситуаций при строительстве и эксплуатации подземных сооружений, то их можно свести к следующим составляющим:

- аварийные ситуации в области трудно- или непрогнозируемого разрушения и сдвига отдельных составляющих вмещающего массива (обрушения, оползни, деформации и смещения);

- аварийные ситуации в области трудно- или непрогнозируемого проявления прорывов водонасыщенных грунтов (плывуны, пульпа и пр.);

- аварийные ситуации в области загазованности вредными газами рудничной атмосферы и рабочего пространства горных выработок;

- аварийные ситуации в области возгорания и возникновения пожаров в рабочем пространстве подземных сооружений;

- аварийные ситуации в области нового строительства, сопряженного с эксплуатацией действующих тоннелей.

Систематизация последствий проявления аварийных ситуаций при строительстве и эксплуатации подземных сооружений сведется в этом случае к следующим составляющим:

- разрушающие деформации и коррозионные проявления несущих элементов систем крепления тоннельных сооружений;

- вынос водонасыщенной породы в рабочее пространство тоннельных сооружений (заиливание) с очагами разрушений системы крепления;

- разрушающее воздействие интенсивных водопроявлений (подтопление и затопление рабочего пространства подземных строительных сооружений);

- разрушения логистической системы доставки материалов и оборудования, а также транспортировки горной массы;

- разрушения систем энерго- и электроснабжения подземных потребителей;

- разрушения, приводящие к несоответствию зазоров и габаритов подвижного состава;

- проникновение в рабочее пространство тоннельных сооружений нефтесодержащих, химических или бактериологических веществ.

Классификация нештатных ситуаций при строительстве метрополитенов

Classification of emergency situations in construction of underground railway

Нештатные ситуации	Результат нештатной ситуации	Возможные причины	Способы устранения нештатных ситуаций
– деформации и обрушение стен, а также затопление котлованов	– деформации и просадки инженерных коммуникаций, близлежащих зданий и сооружений	– нарушение проектного решения, регламентов и проектов организации строительства; – ошибки при проектировании и строительстве конструкций	– повышение технологической дисциплины производства строительно-монтажных работ; – проверки и исключение ошибок в проектах
– отклонение в плане и профиле трассы; сверхнормативные отклонения в геометрии, трещины, в том числе силовые, в обделке	– нарушение габаритов тоннеля; – снижение несущей способности и водонепроницаемости обделки	– прорыв водогрунтовой массы в тоннель и притоннельные сооружения; – нарушение регламента производства работ при сооружении обделки и ведении проходки, в том числе при назначении давления грунтопригруза	– перепроектирование плана и профиля; – усиление конструкции обделки; – разработка и наличие мероприятий плана действий по устранению нештатных ситуаций
– прорыв водогрунтовой массы в котлован, тоннель и притоннельные сооружения	– затопление котлована, тоннелей и притоннельных сооружений; – деформация конструкций котлована и обделки; – деформация поверхности и просадка грунта, инженерных коммуникаций, близлежащих зданий и сооружений	– отсутствие сплошности при устройстве свай в ограждении котлована; – нарушение регламента, износ оборудования при щитовой проходке; – ошибки в проекте; – нарушение технологии производства работ при проходке тоннеля и устройстве притоннельных сооружений	– контроль вертикального положения при погружении свай; – своевременное устранение водопроявлений при закреплении грунтов и устройстве притоннельных сооружений; – соблюдение технологической дисциплины, регламентов проходки и проектов производства работ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными причинами проявления аварийных ситуаций при строительстве и эксплуатации подземных сооружений в настоящий период использования подземных строительных технологий являются следующие составляющие:

– определенная степень недостоверности и неопределенности исходной горно-геологической (особенно гидрогеологической составляющей) информации при проектировании и строительстве подземных сооружений (это касается и периода эксплуатации);

– определенная степень энтропии при определении несущей способности систем крепления и строительных конструкций в целом;

– определенная степень энтропии при выборе технологических и технических средств ведения подземных горных работ;

– определенная степень труднопрогнозируемого поведения вмещающего массива в зонах дизъюнктивных и пликативных геологических нарушений (взбросы, сбросы, сдвиги, надвиги, карсты, линзы, плоскости скольжения и пр.);

– определенная степень тектонического и динамического воздействия.

Список литературы

1. Беседа М.А., Аксенов В.А. Анализ аварийных и чрезвычайных ситуаций при строительстве и эксплуатации тоннелей Московского метрополитена / Техносферная безопасность городских агломераций. Сборник трудов Международной школы-конференции, Москва, 14-16 декабря 2020 г. М., 2021. С. 328-336.
2. Прокопов А.Ю., Новосельцев А.В., Иванова А.С. Анализ причин аварии при механизированной проходке вентиляционного ствола Московского метрополитена / Национальная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы науки и техники. 2019», Ростов-на-Дону, 26-28 марта 2019 г., 2019. С. 266-267.
3. Конюхов Д.С. Технологическая безопасность подземного строительства в условиях плотной городской застройки // Метро и тоннели. 2019. № 1. С. 26-29.
4. Меркин В.Е. Риски нестандартных ситуаций в метростроении и способы их преодоления (московский опыт). Сборник статей: Проектирование, строительство и эксплуатация подземных сооружений транспортного назначения. М., 2021. С. 195-203.
5. Dorokhin K., Boiko O., Suharev A. Experience in Using Seismic Tomography to Solve Problems Related to the Elimination of Accidents in the Construction of Underground Structures // Engineering and Mining Geophysics 2021. Vol. 2021. P. 1-7.

Original Paper

UDC 614.8:624.19 © D.A. Tsyupa, 2023

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 7, pp. 72-74

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-72-74>

Title

CLASSIFICATION OF EMERGENCY SITUATIONS IN THE CONSTRUCTION OF SUBWAYS

Authors

Tsyupa D.A.¹

¹ National Research University of Science and Technology (MISIS), Moscow, 119049, Russian Federation

Authors Information

Tsyupa D.A., Mining engineer, candidate of the Department "Construction of Underground Structures and Mining Enterprises" of the Mining Institute, e-mail: sps@misis.

Abstract

The relevance of conducting research in the field of systematization of the causes of emergency situations during the construction of the underground infrastructure of the Moscow Metro is substantiated – the relevance and priority of this direction is emphasized by the rapidly developing requirements of environmental and industrial safety imposed on the sustainable and efficient development of new underground construction sites, taking into account the existing and functioning infrastructure. The classification of emergency situations during the construction of the subway with the display of results, causes and methods of elimination is given.

Keywords

Emergency situations, Systematization of causes, Classification of emergency situations, Tunnel structures, Underground construction technologies.

References

1. Beseda M.A. & Aksenov V.A. Analysis of emergency and extraordinary situations during construction and operation of the Moscow Metro tunnels. Technosphere safety of urban agglomerations. Proceedings of the International Educational Conference in Moscow, December 14-16, 2020. Moscow, 2021, pp. 328-336. (In Russ.).

2. Prokopov A.Yu., Novoseltsev A.V. & Ivanova A.S. Analysis of the accident causes during mechanized construction of a ventilation shaft for the Moscow underground railway. The 'Actual Challenges of Science and Technology-2019' National Scientific and Practical Conference, Rostov-on-Don, March 26-28, 2019. pp. 266-267. (In Russ.).

3. Konyukhov D.S. Technological safety of underground construction in restrained urban conditions. *Metro i tonneli*, 2019, (1), pp. 26-29. (In Russ.).

4. Merkin V.E. Risks of emergency situations in underground railway construction and ways to handle them (Moscow experience). In collected works: Design, construction and operation of underground transport facilities. Moscow, 2021, pp. 195-203. (In Russ.).

5. Dorokhin K., Boiko O. & Suharev A. Experience in Using Seismic Tomography to Solve Problems Related to the Elimination of Accidents in the Construction of Underground Structures. *Engineering and Mining Geophysics 2021*, (2021), pp. 1-7.

For citation

Tsyupa D.A. Classification of emergency situations in the construction of subways. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 72-74. (In Russ.). DOI: [10.18796/0041-5790-2023-7-72-74](https://doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-72-74).

Paper info

Received May 3, 2023

Reviewed June 14, 2023

Accepted June 26, 2023

Компонентная архитектура ГИС исследования геометрии породного массива методом сейсморазведки*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-75-80>

В данной статье представлена концептуальная модульная архитектура геоинформационной системы (ГИС) для исследования угольных пластов на наличие дизъюнктивных нарушений методом сейсморазведки. Предложенная архитектура состоит из шести функциональных модулей, включая модуль сбора данных, модуль хранения пространственных атрибутивных данных, модуль обработки данных, модуль интеллектуальной обработки данных, модуль визуализации и модуль управления метаданными. Каждый модуль выполняет определенные задачи, обеспечивая эффективную обработку и анализ сейсмических данных для выявления и характеристики нарушений в угольных пластах. Предложенная архитектура ГИС представляет собой мощный инструмент для ученых и геологов, позволяющий получить более точные и надежные результаты исследований.

Ключевые слова: геоинформационная система, дизъюнктивные нарушения, угольные пласты, сейсморазведка, модульная архитектура, сбор данных, обработка данных, интеллектуальная обработка данных, визуализация, управление метаданными.

Для цитирования: Степанов И.Ю., Бурмин Л.Н., Степанов Ю.А. Компонентная архитектура ГИС исследования геометрии породного массива методом сейсморазведки // Уголь. 2023. № 7. С. 75-80. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-75-80.

ВВЕДЕНИЕ

Геологические исследования угольных пластов являются важным этапом в процессе освоения и эксплуатации угольных месторождений. Поиск дизъюнктивных нарушений, таких как трещины, разломы или поперечные породные слои, имеет большое значение для определения качества и потенциала угольных пластов. Одним из наиболее эффективных методов исследования таких нарушений является сейсморазведка, основанная на анализе сейсмических данных [1].

Наличие горных разломов является существенной проблемой в горнодобывающей промышленности, для решения которой требуются методы превентивной индикации дизъюнктивных нарушений. Существуют различные способы выявления дизъюнктивных нарушений. В данной работе, выполняемой в рамках соглашения № 075-15-2022-1195 от 30.09.2022, заключенного между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», пред-

* Работа выполнена в рамках соглашения № 075-15-2022-1195 от 30.09.2022, заключенного между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Кемеровский государственный университет».

СТЕПАНОВ И.Ю.

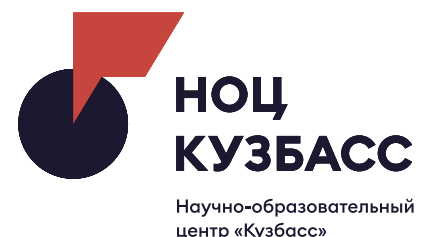
Ассистент кафедры
цифровых технологий
Института Цифры
ФГБОУ ВО «КемГУ»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: zextel1995@gmail.com

БУРМИН Л.Н.

Канд. техн. наук,
доцент кафедры
цифровых технологий
Института Цифры
ФГБОУ ВО «КемГУ»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: lnburmin@mail.ru

СТЕПАНОВ Ю.А.

Доктор техн. наук,
заведующий кафедрой
цифровых технологий
Института Цифры
ФГБОУ ВО «КемГУ»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: dambo290@yandex.ru



лагается для эффективной обработки и анализа геопро- странственной информации, полученной при сейсмо- разведке угольных пластов, рассматривать целесооб- разность использования специализированной геоинформа- ционной системы (ГИС) [2]. Однако разработка такой си- стемы представляет собой сложную задачу, требующую интеграции различных функциональных компонентов. Таким образом, требуется разработать архитектуру ин- формационной системы открытого типа с набором раз- личного типа модулей для расширения круга решаемых задач с привлечением различного вида функциональных библиотек. Например, использование различных мето- дов машинного обучения позволит на основе интеллект- уального анализа данных сейсморазведки точнее опре- делять места разломов массива горных пород, что может повлиять на изменение технологии выемки угля.

ОБЩАЯ ИДЕЯ

Концептуальная модель предлагаемой ГИС представ- ляет собой набор программных модулей (рис. 1):

- модуль сбора данных – отвечает за сбор сейсмических данных угольных пластов;
- модуль хранения пространственных и атрибутивных данных – обеспечивает их эффективное хранение и ор- ганизацию;
- модуль обработки данных – выполняет алгоритмы об- работки и фильтрации данных;

– модуль интеллектуальной обработки данных – при- меняет методы машинного обучения и искусственного интеллекта для анализа и классификации нарушений;

– модуль управления метаданными отвечает за органи- зацию и управление метаданными сейсмических сигналов;

– модуль визуализации – предоставляет инструмен- ты для создания тематических карт с полученными раз- ломами угольных пластов, а также построения 2D- или 3D-моделей исследуемых объектов.

Каждый из этих модулей выполняет определенный на- бор действий, обеспечивая свою уникальную функцио- нальность, и взаимодействует с другими модулями через программные интерфейсы, обеспечивая комплексный ис- следовательский процесс.

Модуль сбора данных

Модуль сбора данных – это программный компонент, который используется для сбора, обработки и анализа геопро- странственных данных.

Модуль сбора данных является одним из ключевых ком- понентов концептуальной модульной архитектуры ГИС, так как в рамках этого модуля происходит сбор сейсми- ческих данных, пригодных для последующего анализа. Та- кие данные получают путем проведения специальных сейсморазведочных работ, включающих установку иссле- довательских станций, расположенных на определенном расстоянии друг от друга. Когда на пласт наносится источ-

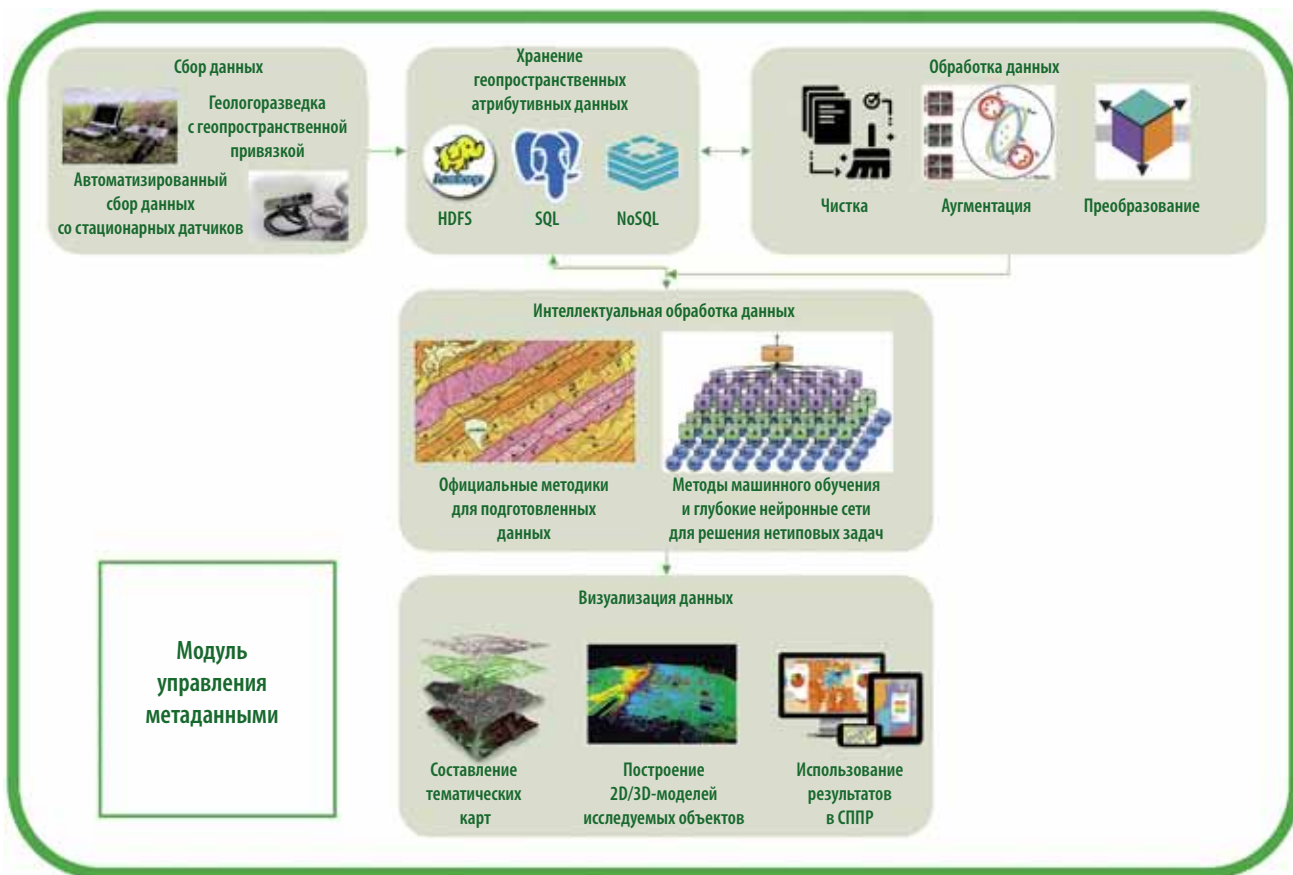


Рис. 1. Концептуальная модель специализированной ГИС

Fig. 1. A conceptual model of a dedicated GIS

ник вибрации, например сейсмический источник в виде удара или взрыва зарядов, то исследовательские станции регистрируют отраженные сейсмические волны. Поскольку различные виды пород по-разному отражают сигнал, то сейсмодатчики, выступающие в роли приемника отраженных сигналов, их регистрируют в виде набора показателей, таких как: время, амплитуда, частота и т.п. Эти данные записываются, фильтруются и подготавливаются для последующего анализа и интерпретации.

Для отображения полученных атрибутивных данных на тематических картах необходимо обеспечить их географическую привязку к пронумерованным датчикам. Зная географическое положение первого датчика, расстояние между установленными сейсмодатчиками, их количество и угол размещения сейсмострассы относительно осей карты, программный модуль обеспечивает привязку атрибутивных данных к геопространственным. Положение первого датчика модуль может собирать из различных источников, таких как GPS-устройства, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), спутниковые системы навигации и другие устройства [3].

Следовательно, модуль сбора данных должен обеспечивать автоматизированное считывание и хранение полученных сейсмических данных, а также их предварительную обработку для удаления шума и повышения качества сигнала. Надежный и эффективный процесс сбора данных является основой для успешного проведения дальнейшего анализа и поиска дизъюнктивных нарушений в угольных пластах. Этот модуль должен гарантировать отказоустойчивый процесс загрузки ввиду того, что данные могут быть представлены в единственном виде (например, при проведении замеров, которые ввиду стечения различных обстоятельств не могут быть повторены).

Таким образом, модуль сбора данных используется в качестве интерфейса для загрузки «сырых» данных, собранных в автоматизированном режиме с различных датчиков (при наличии технической возможности) или в ручном режиме оператором информационной системы (например, специалистом, который производил полевые замеры) [4].

Модуль хранения пространственных и атрибутивных данных

Модуль хранения данных обеспечивает как управление, так и обработку пространственных данных. Он позволяет управлять этими данными на всех уровнях, от сохранения в базах данных до обновления их при необходимости. Кроме того, модуль частично решает вопросы безопасности данных с помощью таких операций как резервное копирование, восстановление данных в случае сбоя в системе и т.п. [5].

Кроме того, модуль хранения данных может обеспечить большую гибкость при работе с атрибутивными данными, что может быть полезно в различных ситуациях. Например, он может поддерживать различные форматы данных, что позволит облегчить интеграцию и обмен данными с другими системами или сторонними программами. Также этот модуль может обеспечивать различные уровни доступа к данным для разных пользователей в системе при совместной работе над данными в команде.

Архитектура модуля хранения данных должна включать в себя различные хранилища, такие как:

- реляционную базу данных с поддержкой геопространственных данных (например, PostgreSQL с расширением PostGIS), которая может быть использована как для хранения «сырых» данных, так и для хранения предобработанных данных, равно как и данных результата их анализа;
- нереляционное хранилище атрибутивных данных (различные NoSQL базы данных), которое может быть использовано как вспомогательное хранилище для функционирования всей информационной системы.

Для повышения ценности полученных данных они должны быть подготовлены и представлены в нужном формате. Для этого используется модуль предварительной обработки данных. Результаты подготовленных данных могут быть размещены в специализированных киосках или витринах данных. Тестово для размещения первичных пространственных и атрибутивных данных, а также для анализа функционала разрабатываемой ГИС, использовалась созданная в 2022 году «Система управления мониторингом строительных работ на объектах, прошедших государственную экспертизу».

Модуль обработки данных

Модуль обработки данных или модуль «препроцессинга» конвертирует данные, полученные из различных источников, таких как базы данных, файлы различных форматов, сенсоры и т.д. Этот сервис содержит в себе методы для хранения и загрузки весовых коэффициентов, необходимые для применения методов нейросетевого анализа и моделей машинного обучения, что позволяет повторно использовать ранее обученные модели и сохранять результаты обучения для последующей работы с данными, экономя время и упрощая процесс анализа данных [6].

Модуль «препроцессинга» включает в себя два компонента:

- предобработка данных – в состав которой входит набор специализированных утилит, использующихся для конвертации файлов с набором «сырых» данных в форматы, пригодные для дальнейшей работы в системе, например файлов формата SGY, которые активно используются в сейсмодатчиках, и/или преобразования самих данных (фильтрация шумов, нормирование и другие операции, которые повышают пригодность данных для дальнейшей работы);

- интеллектуальный анализ данных – набор специализированных моделей анализа данных, основанных на стохастических моделях машинного обучения и/или глубоких искусственных нейронных сетях, решающих задачи поиска и локализации дизъюнктивного нарушения, сегментации и позиционирования предполагаемого расположения угольного пласта под землей и других задач.

Модуль интеллектуальной обработки данных

Модуль интеллектуальной обработки данных является одним из ключевых компонентов концептуальной модульной архитектуры геоинформационной системы (ГИС) для исследования угольных пластов на наличие дизъюнктивных нарушений методом сейсморазведки.

Задача модуля анализа состоит в проведении глубокого исследования полученных сейсмических данных с целью выявления и классификации дизъюнктивных нарушений в угольных пластах. Этот модуль выполняет ряд сложных алгоритмов и методов анализа данных, позволяя исследователям получить более подробное представление о структуре и состоянии угольных пластов [7]. Модуль анализа геопространственных данных может проводить анализ геологических данных и моделирование углепородного массива. Он может использовать данные из различных источников, таких как геологические карты, сейсмические данные, измерения гравитационного поля и другие. Модуль может использовать различные методы и алгоритмы для анализа и обработки данных, включая геостатистические методы, анализ мощности, многомерный анализ, методы пространственной автокорреляции, фильтрации и другие. Анализ сейсмических данных позволяет определить характеристики дизъюнктивных нарушений, такие как их глубина, размер, форма и ориентация. Также осуществляется классификация нарушений на основе их типа, например трещины, разломы или поперечные породные слои.

Для эффективного анализа данных модуль обработки может использовать методы машинного обучения и искусственного интеллекта. Это позволяет автоматизировать процесс классификации и обнаружения нарушений, а также повысить точность и скорость анализа.

В процессе работы модуль может выявить дизъюнктивные нарушения углепородного массива и оценить их масштабы. Результаты анализа, полученные в этом модуле, могут быть использованы для принятия решений и планирования дальнейших действий в процессе разведки угольных пластов.

Модуль управления метаданным

Ключевыми функциями модуля управления метаданными являются создание, редактирование и удаление записей метаданных, а также возможность поиска и извлечения информации о метаданных. Эта информация содержит подробное описание данных и их атрибутов, что важно для понимания и использования данных в ГИС [8].

Еще одной важной функцией модуля является управление уровнем доступа. Этот модуль обеспечивает безопасный и контролируемый доступ к геопространственным данным авторизованным пользователям в рамках ГИС. Это также гарантирует, что данные доступны в соответствующих форматах и стандартах, что упрощает их использование и интеграцию с другими системами.

Кроме того, модуль предоставляет функции управления пользователями. Это включает аутентификацию пользователей, авторизацию и контроль доступа, гарантируя, что только авторизованные пользователи могут получить доступ к ГИС и ее данным. Это также позволяет системным администраторам управлять учетными записями пользователей, ролями и разрешениями, обеспечивая высокий уровень контроля над системой.

Модуль визуализации

Результаты анализа могут быть представлены в виде карт, графиков, таблиц и других форматов, что поможет произвести дальнейший анализ данных и принять необходимые решения.

Ввиду того, что в термин «геоинформационная система» закладывается не только работа с геопространственными данными, но и инструменты визуализации, в разрабатываемой системе предлагается использование собственных средств визуализации, которые поддерживают возможность экспорта данных в распространенные форматы, такие как PNG/BMP – для возможности сохранения изображений с целью последующей публикации, DXF/DST/DWG – для возможности работы в пакетах AutoCAD Map, а также в формате SHP/KML – для работы со сторонними ГИС (ArcGIS, Google Earth и другими). Для визуализации результатов анализа сейсмограмм, производимого в целях поиска дизъюнктивных нарушений углепородного массива, можно использовать сторонние специализированные программы обработки сейсмических данных, например, SeisWorks, Kingdom, GeoFrame [9].

Сам процесс работы с вышеприведенными программными продуктами сводится к нескольким действиям (рис. 2):

- в программе импортируются исходные данные – сейсмические данные и информация об их расположении на поверхности земли;
- производится обработка данных, включающая фильтрацию, калибровку и коррекцию времени прихода сигнала;
- проводится интерпретация сейсмических данных, позволяющая выявить зоны нарушений сплошности углепородного массива;
- полученные результаты могут быть визуализированы в виде 3D-моделей, карточек и сечений, которые позволяют более наглядно представить геологическое строение массива и выявленные зоны нарушений.

Визуализация результатов анализа сейсмических данных позволяет провести более детальный анализ геологического строения участка и определить

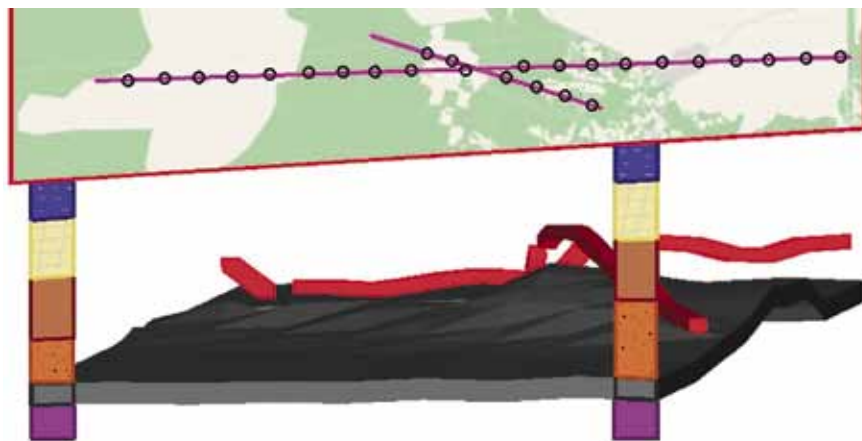


Рис. 2. Визуализация разлома породного массива

Fig. 2. Visualization of a fracture in the rock mass

оптимальные точки для бурения скважин и дальнейшей геологоразведки. В результате принимается решение по технологии выемки угля, то есть разбирается технология перехода с одного горизонта выемки угля на другой и т.п.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все вышеперечисленные модули взаимодействуют вместе, образуя программную часть ГИС, и обеспечивают работу системы. Благодаря этой программной части пользователи могут не только собирать и обрабатывать геопространственные данные, но и использовать их для решения различных задач и проблем. ГИС является мощным инструментом для исследования, планирования, мониторинга и управления геопространственными данными, что делает ее незаменимым инструментом для многих организаций и учреждений [10].

Предлагаемая модульная архитектура ГИС позволяет существенно повысить эффективность и точность исследования угольных пластов на наличие дизъюнктивных нарушений. Использование модульной структуры обеспечивает гибкость и масштабируемость системы, позволяя добавлять и модифицировать компоненты в зависимости от потребностей исследования. В результате ученые и геологи получают мощный инструмент, способный эффективно обрабатывать и анализировать геопространственную информацию для выявления и характеристики дизъюнктивных нарушений угольных пластов методом сейсмо-разведки. Это позволит повысить эффективность выбора управленческих решений при составлении паспорта ведения горных работ выемочного участка.

Список литературы

1. Назарова Г.Е., Радченко Л.К. Разработка геоинформационной модели угольной промышленности Кемеровской области // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-geoinformatsionnoy-modeli-ugolnoy-promyshlennosti-kemerovskoy-oblasti> (дата обращения: 15.06.2023).
2. Степанов Ю.А. Развитие теоретических основ геоинформационных систем для прогнозирования состояния углепородного массива при ведении очистных работ: специальность 25.00.35 «Геоинформатика»: автореферат дис. ... доктора техн. наук / Степанов Юрий Александрович. Екатеринбург, 2016. 22 с.
3. Адушкин В.В., Опарин В.Н. Физика и геомеханика формирования и развития очаговых зон разрушения горных пород в природных и горнотехнических системах: современное состояние, перспективные направления фундаментальных исследований и прикладных разработок // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 556. С. 24-44.
4. Ахмедов Т.Р., Мамедов Р.Д., Мамедова А.М. Об искажении отображения реального геологического строения в сейсмических временных разрезах при несогласном залегании сейсмических комплексов // Вектор ГеоНаук. 2022. Т. 5. № 2. С. 5-13. DOI: 10.24412/2619-0761-2022-2-5-13.
5. Гончарова Н.В., Дворникова А.Н. Использование информационной базы данных ГИС ARCGIS для обоснования качества угольной продукции // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2016. Т. 3. № 1. С. 40-45.
6. Чинь К.Ч. Технология вычислительного эксперимента в исследованиях развития угольной промышленности // Наука и образование. 2011. № 10. С. 26.
7. Грищенко Н.Н., Скаженик В.Б., Чернышенко И.В. Пространственное моделирование сдвижений и деформаций земной поверхности при подземной добыче угля // Проблемы горного давления. 2022. № 1-2. С. 95-106.
8. Куприянов А.О. Цифровое моделирование при подземных геодезических работах // Образовательные ресурсы и технологии. 2015. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoe-modelirovanie-pri-podzemnyh-geodezicheskikh-rabotah> (дата обращения: 15.06.2023).
9. Abu-Abed F.N. Development of Three-Dimensional Models of Mining Industry Objects / E3S Web of Conferences: The Second Interregional Conference, Kemerovo, 21–23 september 2021. Vol. 278. Kemerovo: Gorbachev Kuzbass State Technical University, 2021. P. 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202127801002.
10. Яковлев А.М., Титов Р.С., Кантемиров В.Д. Практическое применение геоинформационных технологий для моделирования качественных показателей комплексных руд / Инновационные геотехнологии при разработке рудных и нерудных месторождений: сборник докладов, Екатеринбург, 04-05 апреля 2019 года. Екатеринбург: Уральский государственный горный университет, 2019. С. 229-234.

Original Paper

UDC 622.1:550.34 © I.Yu. Stepanov, L.N. Burmin, Yu.A. Stepanov, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 7, pp. 75-80
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-75-80>

Title

A COMPONENT-BASED ARCHITECTURE OF A GIS STUDY INTO GEOMETRY OF A ROCK MASS USING SEISMIC DATA

Authors

Stepanov I.Yu.¹, Burmin L.N.¹, Stepanov Yu.A.¹

¹ Kemerovo State University, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Authors information

Stepanov I.Yu., Assistant Lecturer, Department of Digital Technologies, Institute of Digitalization, e-mail: zextel1995@gmail.com

Burmin L.N., PhD (Engineering), Associate Professor, Department of Digital Technologies, Institute of Digitalization, e-mail: Inburmin@mail.ru

Stepanov Yu.A., Doctor of Engineering Sciences, Head of the Department of Digital Technologies, Institute of Digitalization, e-mail: dambo290@yandex.ru

ГЕОИНФОРМАТИКА

Abstract

This article presents a conceptual modular architecture of a geoinformation system (GIS) for studying coal seams for the presence of discontinuities using seismic exploration methods. The proposed architecture consists of six functional modules, including the data collection module, spatial-attribute data storage module, data processing module, intelligent data processing module, visualization module, and metadata management module. Each module performs specific tasks, enabling efficient processing and analysis of seismic data to identify and characterize discontinuities in coal seams. The proposed GIS architecture serves as a powerful tool for scientists and geologists, providing more accurate and reliable research outcomes.

Keywords

Geoinformation system, Discontinuities, Coal seams, Seismic exploration, Modular architecture, Data collection, Data processing, Intelligent data processing, Visualization, Metadata management.

References

1. Nazarova G.E., Radchenko L.K. Development of a geoinformation model of coal industry in the Kemerovo region. *Interekspo GEO-Sibir*, 2019, (2). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-geoinformatsionnoy-modeli-ugolnoy-promyshlennosti-kemerovskoy-oblasti> (accessed 15.06.2023). (In Russ.).
2. Stepanov Yu.A. Development of theoretical basis of geoinformation systems to forecast the state of the coal mass during mining operations: specialist field – 25.00.35 “Geoinformatics”: abstract of thesis for Dr. eng. sci. diss., Yekaterinburg, 2016, 22 p. (In Russ.).
3. Adushkin V.V., Oparin V.N. Physics and geomechanics of formation and development of focal zones of rock fracture in natural and mining systems: current state, prospective directions of fundamental research and applied developments. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'*, 2015, (S56), pp. 24-44. (In Russ.).
4. Akhmedov T.R., Mamedov R.D., Mamedova A.M. On distortion of real geological structure representations in stacked seismic data in case of unconformity in occurrence of seismic complexes. *Vektor GeoNauk*, 2022, Vol. 5, (2), pp. 5-13. (In Russ.). DOI: 10.24412/2619-0761-2022-2-5-13.

5. Goncharova N.V., Dvornikova A.N. Using the ARCGIS information database to justify the quality of coal products. *Fundamentalnye i prikladnye voprosy gornykh nauk*, 2016, Vol. 3, (1), pp. 40-45. (In Russ.).
6. Trinh Quang Trung Computational experiment technology in investigations of the coal industry development. *Nauka i obrazovanie*, 2011, (10), pp. 26. (In Russ.).
7. Grishchenkov N.N., Skazhenik V.B., Chernyshenko I.V. Spatial modelling of land surface displacements and deformations in underground coal mining. *Problemy gornogo davleniya*, 2022, (1-2), pp. 95-106. (In Russ.).
8. Kupriyanov A.O. Digital modelling in underground geodetic surveys. *Obrazovatelnye resursy i tekhnologii*, 2015, (4). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovoe-modelirovanie-pri-podzemnyh-geodezicheskikh-rabotah> (accessed 15.06.2023). (In Russ.).
9. Abu-Abed F.N. Development of Three-Dimensional Models of Mining Industry Objects. E3S Web of Conferences: The Second Interregional Conference, Kemerovo, 21–23 september 2021. Vol. 278. Kemerovo: T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 2021. P. 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202127801002.
10. Yakovlev A.M., Titov R.S., Kantemirov V.D. Practical application of geoinformation technologies for modelling of quality indicators of complex ores. Innovative geotechnologies in development of ore and nonmetallic deposits: collection of reports, Yekaterinburg, 04-05 April 2019, Yekaterinburg, Urals State Mining University, 2019, pp. 229-234. (In Russ.).

Acknowledgements

The research performed under Agreement No. 075-15-2022-1195 dated 30.09.2022, signed between the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation and the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kemerovo State University.

For citation

Stepanov I.Yu., Burmin L.N., Stepanov Yu.A. A component-based architecture of a GIS study into geometry of a rock mass using seismic data. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 75-80. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-75-80.

Paper info

Received June 8, 2023

Reviewed June 14, 2023

Accepted June 26, 2023



Сотрудница СУЭК преодолела дистанцию Международного марафона «Белые ночи»



Специалист управления по персоналу, труду и социальным вопросам АО «СУЭК-Красноярск» Юлия Посохина приняла участие в Международном марафоне «Белые ночи» в Санкт-Петербурге. Марафонскую дистанцию в 42,2 км она преодолела за 3 часа 57 минут.

Марафон «Белые ночи» проводится с 1990 г. и пролегает по историческим местам города на Неве. Организаторы называют его «беговым приключением»: участникам открываются виды на Казанский собор, Петропавловскую крепость, Ростральные колонны, Адмиралтейство, Исаакиевский собор. Стартовал марафон от Петровской набережной, а финишировал – на Дворцовой площади.

Бегунам предлагаются на выбор две дистанции протяженностью 10 км и 42,2 км. Юлия Посохина, которая кроме выполнения основных обязанностей в управлении по персоналу, труду и социальным вопросам курирует в АО «СУЭК-Красноярск» спортивно-массовую работу, выбрала наиболее протяженный маршрут.

«Это были экспресс-экскурсия по красивейшим местам Санкт-Петербурга и осуществление моей маленькой мечты – преодолеть свой первый «питерский» марафон, – делится Юлия. – Несмотря на полученную накануне травму, тщательная подготовка и поддержка близких и многочисленных болельщиков позволили мне не столкнуться с «марафонской стеной» – к концу забега, чаще всего в районе 30-го километра, есть рубеж, когда тело сдаётся, ноги становятся вялыми, а темп падает до пешеходного. Кто-то идет пешком оставшуюся часть дистанции, кто-то вынужден сойти. Чем дольше длится забег, тем важнее становится чистая выносливость – способность продолжать бег, не сбавляя темпа. У меня получилось бежать в одном темпе и немного прибавить к финишу. Преодолевая каждый километр с разными эмоциями, на финише я была очень счастлива, как и сотни людей вокруг».

Нужно добавить, что на дистанции в 42,2 км стартовали 3 389 человек, финишировали – 3 325. Средний результат преодоления маршрута у мужчин – 4 часа, у женщин – 4 часа 20 минут.

Пресс-служба АО «СУЭК»

Экономическая модель подготовки кадров в системе управления ресурсным потенциалом угольных тепловых станций

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-81-84>

Россия является одним из крупнейших производителей и потребителей угля, а угольные тепловые электростанции (ТЭС) играют значительную роль в удовлетворении потребностей страны в энергии. Эффективное управление ресурсным потенциалом имеет важное значение для успешной эксплуатации угольных ТЭС. Обучение персонала играет решающую роль в обеспечении эффективного управления ресурсным потенциалом. В данной статье представлена экономическая модель подготовки персонала в системе управления ресурсным потенциалом угольных ТЭС в России. Управление ресурсным потенциалом является важнейшим аспектом эксплуатации угольных тепловых электростанций в России. Эффективное управление такими ресурсами, как уголь, вода и другое сырье, имеет важное значение для бесперебойного функционирования электростанций и обеспечения бесперебойного электроснабжения страны.

Ключевые слова: экономическая модель, уголь, ресурсный потенциал, электроснабжение, подготовка кадров, угольные тепловые электростанции.

Для цитирования: Коровяковский Д.Г. Экономическая модель подготовки кадров в системе управления ресурсным потенциалом угольных тепловых станций // Уголь. 2023. № 7. С. 81-84. DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-81-84>.

КОРОВЯКОВСКИЙ Д.Г.

Доктор педагог. наук, канд. юрид. наук,
профессор кафедры Международного бизнеса
и таможенного дела РЭУ им. Г.В. Плеханова,
117997, Москва, Россия,
e-mail: sirah13@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

Успешное управление ресурсным потенциалом возможно только при использовании высококвалифицированной и подготовленной рабочей силы. Разработка эффективной экономической модели подготовки персонала имеет важное значение для эффективного управления ресурсным потенциалом на угольных тепловых электростанциях в России.

Предыдущие исследования подчеркивали важность обучения персонала в системе управления ресурсным потенциалом ТЭС [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Например, в своем исследовании по управлению ресурсным потенциалом на ТЭС исследователи подчеркнули необходимость специализированных программ обучения для персонала, участвующего в управлении ресурсным потенциалом [2]. Аналогичным образом ученые подчеркнули важность учебных программ для эффективного управления ТЭС [3].

Несмотря на важность обучения персонала в управлении ресурсным потенциалом, существует недостаток исследований, в которых основное внимание уделяется экономическим аспектам обучения персонала [4].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Эффективное управление ресурсным потенциалом на угольных ТЭС требует высококвалифицированной и хорошо обученной рабочей силы. Сложность процессов, связанных с эксплуатацией ТЭС, обуславливает необходимость непрерывного процесса обучения и развития персонала. В России энергетический сектор за прошедшие годы претерпел значительные изменения, поскольку правительство проводит политику, направленную на повышение эффективности и устойчивости отрасли. В результате существует необходимость в разработке экономической модели подготовки персонала, которая позволит угольным ТЭС удовлетворять потребности развивающегося энергетического сектора [7].

Экономическая модель, представленная в этой статье, основана на подходе анализа затрат и выгод (СВА). Подход СВА обычно используется при экономической оценке учебных программ. Этот подход предполагает сравнение затрат на обучение с выгодами, полученными от обучения [5].

Затраты на обучение включают прямые затраты, такие как стоимость инструкторов, учебных материалов и оборудования. Также учитываются косвенные затраты, такие как стоимость времени, проведенного стажерами вне работы. Преимущества обучения включают повышение производительности, повышение продуктивности и сокращение количества ошибок.

$$\mathcal{E}_{\text{мпк}} = (Z_{\text{пр}} + Z_{\text{нпр}}) \times K_{\text{п}} \times (O_{\text{п}} + \Pi_{\text{о}} + O),$$

где, $\mathcal{E}_{\text{мпк}}$ – экономическая модель подготовки кадров, $Z_{\text{пр}}$ – прямые затраты, $Z_{\text{нпр}}$ – непрямые затраты, $K_{\text{п}}$ – коэффициент предполагаемой пользы от прошедшего обучения, $O_{\text{п}}$ – оценка потребностей, коэффициент, включающий необходимые отрасли, $\Pi_{\text{о}}$ – планирование обучения в контексте разработки учебных программ, O – общая оценка эффективности программ обучения.

Экономическая модель была разработана с использованием данных угольной ТЭС в России. Данные включали затраты на обучение и выгоды, полученные от него. Преимущества были измерены с точки зрения сокращения количества ошибок и повышения производительности [6].

Управление ресурсным потенциалом тепловых электростанций, работающих на угле, сталкивается с рядом проблем. Одной из основных проблем является волатильность цен на сырье.

Цены на уголь, который является основным сырьем для электростанций, очень волатильны и подвержены рыночным колебаниям. Колебания цен на уголь могут оказать значительное влияние на финансовую жизнеспособность электростанций, а также на их способность эффективно управлять своими ресурсами.

Еще одной проблемой, с которой сталкиваются электростанции, является сложность системы управления ресурсами. Управление такими ресурсами, как уголь, вода и дру-

гое сырье, включает в себя несколько взаимосвязанных систем, включая закупку, хранение, транспортировку и утилизацию [7]. Эффективное управление этими системами требует высококвалифицированной рабочей силы, способной понимать сложные взаимосвязности между различными системами и принимать обоснованные решения.

Эффективное управление ресурсным потенциалом на угольных тепловых электростанциях возможно только при использовании высококвалифицированной рабочей силы. Обучение персонала имеет важное значение, в том числе:

- повышенная эффективность: высококвалифицированная рабочая сила способна понимать сложности системы управления ресурсами и принимать обоснованные решения, которые повышают эффективность системы;
- повышенная безопасность: обучение персонала гарантирует, что сотрудники осведомлены о протоколах и процедурах техники безопасности, сводя к минимуму риск несчастных случаев и обеспечивая безопасность как сотрудников, так и оборудования;
- адаптивность: обучение персонала дает сотрудникам навыки и знания, необходимые для адаптации к изменениям в системе управления ресурсами, таким как внедрение новых технологий или изменение цен на сырье.

Экономическая модель подготовки персонала в системе управления ресурсным потенциалом угольных тепловых электростанций в России включает три основных компонента:

- оценка потребностей: первый компонент экономической модели предполагает проведение оценки потребностей для определения конкретных потребностей рабочей силы в обучении. Оценка потребностей должна учитывать такие факторы, как сложность системы управления ресурсами, конкретные навыки, необходимые для эффективного управления ресурсами, и влияние новых технологий или изменений цен на сырье на систему;
- планирование обучения: второй компонент экономической модели включает в себя разработку учебных программ, которые удовлетворяют конкретные потребности, выявленные в ходе оценки потребностей. Программы обучения должны быть разработаны таким образом, чтобы обеспечить сотрудников навыками и знаниями, необходимыми для эффективного управления системой управления ресурсами.
- оценка: заключительный компонент экономической модели включает оценку эффективности учебных программ. Оценка должна учитывать такие факторы, как влияние тренинга на эффективность управления ресурсами, удовлетворенность сотрудников программами обучения и окупаемость инвестиций в программы обучения.

Экономическая модель показывает, что выгоды от обучения перевешивают затраты. Соотношение затрат и выгод составило 1:2. Это указывает на то, что на каждый рубль, потраченный на обучение, было возвращено два рубля в пересчете на выгоды, полученные от обучения.

Сложность процессов, связанных с эксплуатацией ТЭС, обуславливает необходимость непрерывного процесса обучения и развития персонала.

Экономическая модель подготовки персонала в системе управления ресурсным потенциалом угольных ТЭС в России основана на нескольких ключевых принципах.

Первый принцип заключается в определении конкретных навыков и знаний, необходимых для эффективной эксплуатации ТЭС. Это включает в себя проведение детального анализа различных процессов и систем, задействованных в эксплуатации ТЭС, для определения конкретных навыков и знаний, необходимых для каждой роли [8].

Второй принцип заключается в разработке плана обучения, в котором излагаются конкретные требования к обучению для каждой роли. План обучения должен быть разработан на основе определенных требований к навыкам и знаниям и должен включать как теоретические, так и практические компоненты обучения. Теоретический компонент должен охватывать необходимые технические знания, в то время как практический компонент должен обеспечивать практическое обучение, позволяющее слушателям применять полученные знания в реальных жизненных ситуациях.

Третий принцип - это оценка эффективности программы обучения. Это включает в себя мониторинг и оценку успеваемости слушателей во время и после программы обучения, чтобы определить ее эффективность. Оценка должна основываться на заранее определенных показателях эффективности, которые измеряют способность слушателей применять знания и навыки, приобретенные в ходе учебной программы.

Четвертый принцип - это оптимизация программы обучения для обеспечения ее экономической эффективности. Это включает в себя выявление возможностей снизить стоимость обучения без ущерба для его качества. Например, использование платформ электронного обучения и симуляций виртуальной реальности может значительно снизить стоимость обучения, обеспечивая при этом эффективный учебный процесс.

Экономическая модель подготовки персонала в системе управления ресурсным потенциалом угольных тепловых электростанций основана на принципах оптимизации и эффективности. Модель направлена на определение оптимального распределения ресурсов для обучения и развития персонала, обеспечивая при этом приобретение необходимых навыков и знаний для поддержания и улучшения производительности электростанций [9, 10].

Модель состоит из трех основных этапов: анализа, планирования и внедрения. На этапе анализа оценивается текущее состояние подготовки персонала в системе управления ресурсным потенциалом. Это включает в себя оценку навыков и знаний персонала, а также оценку ресурсов, выделяемых в настоящее время на обучение и развитие персонала. Этап анализа также включает в себя оценку текущих и будущих потребностей электростанций в ресурсах, а также оценку потенциальных выгод от улучшения подготовки и развития персонала.

На этапе планирования определяется оптимальное распределение ресурсов для обучения и развития персонала. Это включает в себя определение потребностей в обучении, разработку учебных программ и распределение

ресурсов для обучения и развития. Этап планирования также включает в себя определение показателей эффективности, которые используются для измерения эффективности учебных программ [11].

На этапе внедрения выполняются программы обучения, а персонал обучается и развивается в соответствии с планом. Этап внедрения также включает в себя мониторинг и оценку учебных программ для обеспечения достижения желаемых результатов.

Предлагаемая экономическая модель обучения персонала системе управления ресурсным потенциалом угольных тепловых электростанций в России потенциально может принести значительные выгоды. Эти преимущества включают в себя [12]:

1. Повышение эффективности: квалифицированный персонал, прошедший подготовку в соответствии с предлагаемой экономической моделью, может эффективно управлять и поддерживать систему управления ресурсным потенциалом, что приводит к повышению эффективности работы электростанции.

2. Снижение затрат: эффективное внедрение системы управления ресурсным потенциалом может снизить затраты на производство электроэнергии, что приведет к экономии средств для операторов электростанций.

3. Повышенная безопасность: квалифицированный персонал, прошедший подготовку в соответствии с предлагаемой экономической моделью, может выявлять потенциальные угрозы безопасности и принимать соответствующие меры для предотвращения несчастных случаев.

4. Повышение конкурентоспособности: успешное внедрение системы управления ресурсным потенциалом с помощью квалифицированного персонала может повысить конкурентоспособность угольной теплоэнергетики в России.

ВЫВОДЫ

Предлагаемая экономическая модель обучения персонала в системе управления ресурсным потенциалом угольных тепловых электростанций в России потенциально может принести значительные выгоды. Модель включает в себя определение потребностей в обучении, выбор подходящих методов обучения и оценку эффективности обучения. Внедрение этой экономической модели может повысить эффективность, снизить затраты, повысить безопасность и конкурентоспособность угольной теплоэнергетики в России.

Список литературы

1. Coal Information 2020. International Energy Agency Statistics. OECD/IEA, 2021.
2. Duan Bin. Discussion on the Development Direction of Power in China // Clean Energy. 2021. Vol. 5. Is. 1. P. 10-18. <https://doi.org/10.1093/ce/zkaa025>.
3. Freidina E.V., Botvinnik A.A., Dvornikova A.N. Method and Estimation of Efficient Differentiation of Coal Reserves Based on Washability // Journal of Mining Science. 2016. № 4. P. 712-724.
4. The IEA Clean Coal Centre's 8th international conference on clean coal technologies (CCT2017), 8-12 May 2017, Cagliari, Italy.

5. Witt M. de, Stefansson H., Valfells A., Larsen J.N. Energy Resources and Electricity Generation // *Renewable Energy*. 2021. Vol. 169. P. 144-156. DOI: 10.1016/j.renene.2021.01.025.
6. Концепция развития распределенной энергетики в России / В.М. Батенин, В.М. Зайченко, А.И. Леонтьев // *Известия академии наук. Энергетика*. 2017. № 1. С. 3-18.
7. Энергетика в экономике XXI в. / Е.П. Велихов, А.Ю. Гагаринский, С.А. Субботин и др. М., 2010. 174 с.
8. Гаранина О.Л. Повестка энергетического перехода: вызовы для России в контексте пандемии // *Российский внешнеэкономический вестник*. 2021. № 4. С. 40-52. DOI: 10.24412/2072-8042-2021-4-40-52.
9. Гончарова Н.В. Структурирование запасов угольных месторождений сложного строения по уровням качества // *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2015. № 6. С. 165-172.
10. Дёмина О.В. Перспективы развития топливно-энергетического комплекса Дальнего Востока // *Регионалистика*. 2022. Т. 9. № 1. С. 20-32. DOI: 10.14530/reg.2022.1.20.
11. Киушкина В.Р. Эффекты вовлечения ВИЭ в мониторинг состояния энергетической безопасности северных и Арктических зон РФ // *Энергетическая политика*. 2018. № 4. С. 109-117.
12. Шведов Д.Л. Введение и использование государственных программ при реализации стратегий социально-экономического развития региона // *Экономика и управление народным хозяйством (Санкт-Петербург)*. 2020. № 13. С. 21-29.

Original Paper

UDC 658.3.007:622.3 © D.G. Korovyakovskiy, 2023

ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 7, pp. 81-84

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-81-84>

Title

AN ECONOMIC MODEL FOR PERSONNEL TRAINING AS PART OF THE RESOURCE POTENTIAL MANAGEMENT SYSTEM OF COAL-FIRED THERMAL POWER PLANTS

Authors

Korovyakovskiy D.G.¹

¹ Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, 117997, Russian Federation

Authors Information

Korovyakovskiy D.G., Doctor of Pedagogical Sciences, PhD (Law), Professor of the Department of international business and customs, e-mail: sirah13@mail.ru

Abstract

Russia is one of the largest producers and consumers of coal with coal-fired thermal power plants playing a significant role in meeting the country's energy needs. Effective resource potential management is essential for the successful operation of coal-fired thermal power plants. Personnel training plays a crucial role in ensuring effective resource potential management. This article presents an economic model for personnel training as part of the resource potential management system of coal-fired thermal power plants in Russia. The resource potential management is the most important aspect in operation of coal-fired thermal power plants in Russia. Efficient management of such resources as coal, water and other raw materials plays a vital role in smooth operation of power plants and in ensuring uninterrupted power supply to the country.

Keywords

Economic model, Coal, Resource potential, Electric power supply, Personnel training, Coal-fired thermal power plants.

References

1. Coal Information 2020. International Energy Agency Statistics, OECD/IEA, 2021.
2. Duan Bin. Discussion on the Development Direction of Power in China, *Clean Energy*, 2021, Vol. 5, (1), pp. 10-18. <https://doi.org/10.1093/ce/zkaa025>.
3. Freidina E.V., Botvinnik A.A. & Dvornikova A.N. Method and Estimation of Efficient Differentiation of Coal Reserves Based on Washability. *Journal of Mining Science*, 2016, (4), pp. 712-724.
4. The IEA Clean Coal Centre's 8th international conference on clean coal technologies (CCT2017), 8-12 May 2017, Cagliari, Italy.

5. Witt M. de, Stefansson H., Valfells A. & Larsen J.N. Energy Resources and Electricity Generation. *Renewable Energy*, 2021, (169), pp. 144-156. DOI: 10.1016/j.renene.2021.01.025.
6. Batenin V.M., Zaychenko V.M., Leontiev A.I. & Chernyavskiy A.A. A development concept of distributed power generation in the Russian Federation. *Izvestiya Akademii nauk. Energetika*, 2017, (1), pp. 3-18. (In Russ.).
7. Velikhov E.P., Gagarinsky A.Yu., Subbotin S.A. & Tsibulsky V.F. Energy in the economy of the 21st Century, Moscow, 2010, 174 p. (In Russ.).
8. Garanina O.L. The Energy Transition Agenda: Challenges for the Russian Federation in the Context of the Pandemic. *Rossiiskij vneshneekonomicheskij vestnik*, 2021, (4), pp. 40-52. (In Russ.). DOI: 10.24412/2072-8042-2021-4-40-52.
9. Goncharova N.V. Reserves structuring of complex coal deposits by quality grades. *Fiziko-tehnicheskie problemy razrabotki poleznykh iskopaemykh*, 2015, (6), pp. 165-172. (In Russ.).
10. Dyomina O.V. Prospects for the Development of the Fuel and Energy Complex of the Far East. *Regionalistika*, 2022, Vol. 9, (1), pp. 20-32. (In Russ.). DOI: 10.14530/reg.2022.1.20.
11. Kiushkina V.R. Effects of RES involvement in the energy security monitoring of Russian northern and Arctic zones. *Ėnergeticheskaya politika*, 2018, (4), pp. 109-117. (In Russ.).
12. Shvedov D.L. Introduction and use of state programmes in implementation of regional social and economic development strategies. *Ekonomika i upravlenie narodnym khozyajstvom*, St. Petersburg, 2020, (13), pp. 21-29. (In Russ.).

For citation

Korovyakovskiy D.G. An economic model for personnel training as part of the resource potential management system of coal-fired thermal power plants. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 81-84. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-81-84.

Paper info

Received March 22, 2023

Reviewed June 14, 2023

Accepted June 26, 2023

STAFF ISSUES

Экспертная система компьютерного моделирования вентиляционной обстановки в шахте при возникновении аварии*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-85-88>

В статье на примере разработанной автоматизированной системы «План ликвидации аварий» описан подход, по которому предложена работа экспертных систем. Экспертная система на основе получаемых данных производит анализ текущей ситуации и выдает рекомендации диспетчеру, который вносит корректировки в компьютерные планы горных работ и вентиляционные планы. Экспертная система хорошо зарекомендовала себя на рудниках ОАО «Беларуськалий».

Ключевые слова: искусственный интеллект, экспертная система, подземное горнодобывающее предприятие, цифровой двойник.

Для цитирования: Журавков М.А., Николаев А.В. Экспертная система компьютерного моделирования вентиляционной обстановки в шахте при возникновении аварии // Уголь. 2023. № 7. С. 85-88. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-85-88.

ЖУРАВКОВ М.А.

Доктор физ.-мат. наук, профессор, заведующий кафедрой «Теоретическая и прикладная механика» БГУ, 220141, г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: zhuravkov@bsu.by

НИКОЛАЕВ А.В.

Доктор техн. наук, доцент, профессор кафедры «Горная электромеханика» ПНИПУ, 614990, г. Пермь, Россия, e-mail: nikolaev0811@mail.ru

ВВЕДЕНИЕ

В начале двадцать первого века человечество вступило в эру петафлопсных суперЭВМ, в ближайшее время ожидается появление эксафлопсных суперЭВМ. Все более реальным является разработка «промышленного» квантового компьютера, открывающиеся при этом перспективы и возможности даже трудно сегодня оценить. Все это кардинальным образом меняет идеологию и подходы к построению автоматизированных компьютерных технологий моделирования и управления физическими и технологическими процессами [1]. Поэтому выработка новых подходов к разработке и собственно созданию прикладного программного обеспечения нового поколения являются актуальной и важной задачей. При этом все большую роль в разработке автоматизированных компьютерных систем моделирования и управления сложными объектами приобретают технологии искусственного интеллекта (ИИ).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одним из неперемных условий эффективного функционирования систем элементами ИИ является наличие экспертных систем с разветвленными Ба-

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Правительства Пермского края в рамках проекта Международной исследовательской группы «Разработка цифровой модели прогнозирования и ценозависимого управления спросом на электроэнергию, потребляемую подземными горнодобывающими предприятиями», 2020 г. (соглашение № С-26/506 от 09.03.2021).

зами Знаний и Данных из различных предметных областей. Экспертные системы представляют собой своеобразные «хранилища» разнообразных Знаний и систему правил и алгоритмов, позволяющих на основе анализа этих Знаний, выдавать рекомендации, заключения и даже готовые решения по запросам пользователей. Можно с уверенностью говорить о том, что экспертные системы должны быть обязательным элементом интеллектуальных компьютерных систем моделирования физических процессов.

Процесс создания экспертных систем с элементами ИИ весьма трудоемок и тяжел. Важным этапом создания таких систем является «заимствование» знаний у человека-эксперта и «кодирование» этих знаний, позволяющее в дальнейшем их использование для выдачи решений. Идеология разработки экспертных систем ориентирована на тесное сотрудничество между экспертами предметной области и специалистами по ИИ (инженер по знаниям).

Экспертным знаниям в области горного дела необходимо уделять повышенное внимание вследствие того, что большинство явлений и процессов горного производства не имеет четких и строгих алгоритмических решений. Существенным фактом является еще и то, что в горном деле особенно ярко проявляется тот факт, что традиционный способ передачи знаний от специалиста к новичку связан с затратой многих лет на обучение и «практическую стажировку». Извлечение знаний у специалистов и придание им формы, позволяющей использовать их в вычислительных машинах, значительно удешевляет и воспроизводство знаний, и их применение.

Главные задачи при построении системы «Базы Знаний и Данных» заключаются в выявлении и четкой формулировке специальных знаний, а также правил внесения и собственно внесении этих знаний в вычислительную машину. Поэтому важным элементом системы «Базы Знаний и Данных» является способ приобретения знаний и получения решений.

Наиболее общий способ представления знаний – семантические сети. На рис. 1 представлен пример семантической сети «Проект на отработку участка шахтного поля» [2].

Одной из центральных задач при построении и конструировании Баз Знаний, а на их основе и интеллектуальных систем, являются подбор специалистов, обладающих уникальными индивидуальными знаниями, и с помощью этих экспертов выявление и воспроизведение таких знаний. Знания являются ключевым фактором при решении сложных задач. Поэтому они оправдывают большие затраты, связанные с их добычей и требуют хорошо отработанной и эффективной технологии для придания им «товарного вида».

Отметим, что необходимо различать знание и умение. Умелое выполнение или решение некоторой задачи характеризуется такими чертами, как большая скорость (или какой-либо иной показатель эффективности) исполнения, малое количество ошибок, оптимальная умственная напряженность, большая приспособляемость и робастность (устойчивость к сбоям и малым отклонениям в начальных условиях). То есть в этих чертах проявляются как сами знания, так и техника их использования и владения ими. Умение (или мастерство) можно определить как обладание необходимыми знаниями и умение эффективно ими воспользоваться.

Система была применена в ОАО «Беларуськалий», которое по своему главному назначению является предприятием горно-добычным. Основной объем аварийных ситуаций на рудниках связан с работой персонала в подземных шахтах. На базе корпоративной компьютерной системы геолого-маркшейдерского сопровождения и текущего проектирования горных работ [3, 4] выполнена работа по созданию автоматизированной системы «План ликвидации аварий» (АСПЛА). АСПЛА является многофункциональной системой и предназначена для выполнения большого набора задач [5, 6], в том числе обучения и ознакомления персонала с планами ликвидации аварий; автоматизации работ по текущей и оперативной работе с планами ликвидации аварий (решение задач безопасного вывода людей из аварийных участков и из рудника, выбор наиболее оптимального режима вентиляции при выводе людей и передвижении отделений военизированной горно-спасательной части (ВГСЧ) для ликвидации аварий и т.д.). Оперативная работа АСПЛА в условиях возникновения аварийных ситуаций включает в себя, например, следующие действия. Диспетчер на планах горных работ отмечает место аварии и указывает тип аварийной ситуации. Так как система базируется на общем компьютерном проекте планов горных работ, то вся вносимая диспетчером информация сразу же попадает в общую локальную компью-

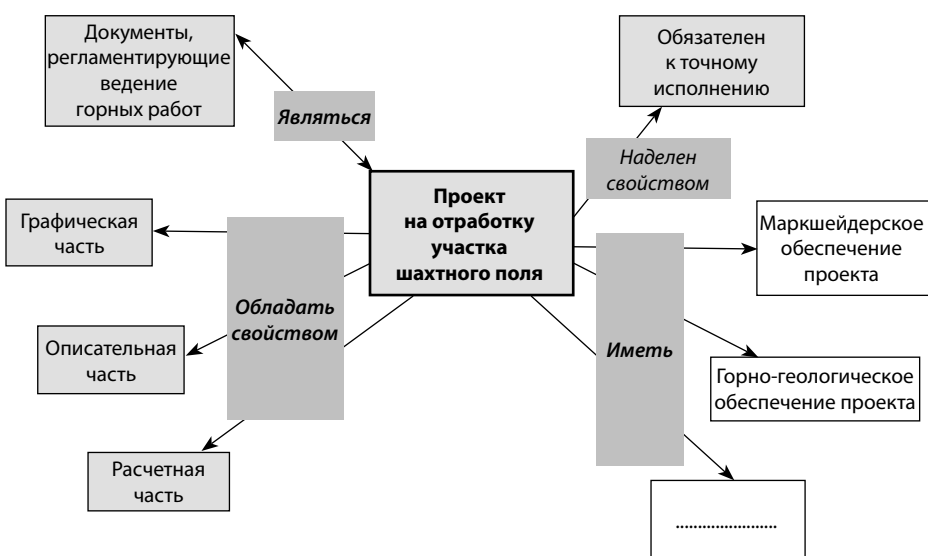


Рис. 1. Семантическая сеть «Проект на отработку участка шахтного поля»

Fig 1. Semantic network "Mine Field Development Project"

терную сеть Объединения. В соответствии с текущим состоянием в шахте (расположение и работа оборудования, работающие забои, количество и места нахождения людей и др., рис. 2) и действиями, предписанными позицией оперативной части ПЛА, соответствующей возникшей аварийной ситуацией (рис. 3), выполняется анализ ситуации (данная процедура автоматизирована) и предлагается перечень мероприятий, которые необходимо осуществить в первую очередь для обеспечения безопасности людей и предотвращения последствий аварий.

Согласно информации о реальной оперативной обстановке в шахте, полученной от ВГСЧ, и возникших форс-мажорных обстоятельствах (например, завалы, остановка самоходного вагона в выработке и др.) диспетчер вносит корректировки в компьютерные планы горных работ и вентиляционные планы. После оценки реальной ситуации и имеющихся отклонений от предписанных действий в соответствии с позициями ПЛА можно решить такие задачи, как определение оптимальных путей выхода с конкретных участков шахтного поля на «свежую струю»; определение путей перемещения от точки «А» в точку «В» шахтного поля; изменение вентиляционного плана в случае установки передвижных временных перемычек, завалов, реверсирования струи и т.д. Необходимо отметить, что АСПЛА является дополнительным интеллектуальным инструментарием, значительным образом помогающим в работе инженерно-технического персонала предприятия, а не представляет собой средство, заменяющее работу людей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня можно с уверенностью говорить о том, что экспертные системы должны быть обязательным элементом интеллектуальных компьютерных систем моделирования физических и технологических процессов.

Практическое применение методов ИИ в системах компьютерного моделирования физических и технологических процессов (в широком смысле этого понятия), решения разнообразных инженерных задач все еще находятся на стадии начального развития. Вместе с тем проектирование, расчет и создание сложных технических систем остро требуют методов анализа и поддержки принятия решений. Такие методы необходимы для решения междисциплинарных проблем техники, анализа больших данных и других задач.

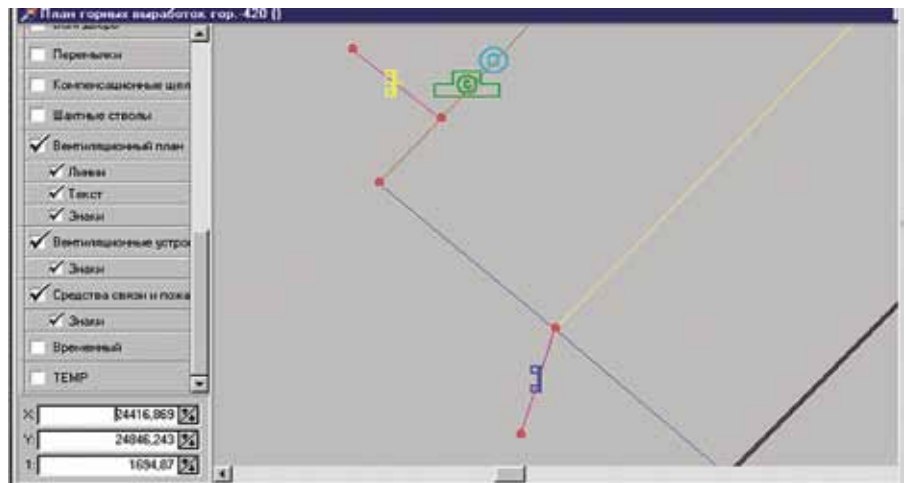


Рис. 2. Участок графа вентиляционной сети плана подземных выработок
Fig 2. Section of the ventilation network graph of the underground workings plan

Мероприятия и лица	Время (мин.)
1. Вентиляторы стволов N3 и N4 в режиме.	Горизонт
2. Вызвать 4-й ВГСВ.	2. Отв. Ответственный руководитель работ по ликвидации аварий. Исп. диспетчер рудника.
3. Подать сигналы об аварии и выводе людей.	3. Отв. Главный энергетик рудника.

Рис. 3. Диалоговое окно выбора мероприятий при определенных типах аварии
Fig. 3. Dialog box for selecting activities for certain types of accidents

На сегодня компьютерное моделирование стало неотъемлемым элементом систем ИИМ и успехи их очевидны. Вместе с тем с задачей количественного соответствия результатов моделирования и данных по реальным процессам горного производства дело обстоит не столь успешно, так как достичь высокой количественной точности при рассмотрении математических моделей крайне сложно. Причины такого положения достаточно много. Поэтому сегодня одной из важных задач являются разработка, развитие и адаптация современных продвинутых подходов и методов математического и компьютерного моделирования к различным классам задач с элементами интеллектуального анализа.

В настоящее время одно из главных требований к технологиям компьютерного моделирования – такие системы должны «уметь» давать рекомендации на всех стадиях рассмотрения физического или технологического процесса. Современные системы компьютерного моделирования должны «уметь» давать рекомендации к постановке мо-

дельных задач, уметь корректировать вычислительные алгоритмы, интерпретировать результаты вычислений и выдавать человеку возможный план действий.

Можно констатировать, что сегодня компьютерные технологии моделирования физических и производственных процессов – это: высокопроизводительные вычисления + знания и «большие данные» + математические модели + искусственный интеллект.

Приведенная в работе экспертная система для автоматизации процессов при реализации «Плана ликвидации аварии» позволит повысить степень безопасности на шахтах и рудниках путем «выдачи рекомендаций» по локализации аварийных ситуаций и выводу людей в безопасное место.

Список литературы

1. Ильин В.П. Устойчивое развитие и проблемы математического моделирования // Наука из первых рук. 2021. № 5/6.
2. Журавков М.А., Смычник А.Д. Проектирование геомониторинговых систем для регионов крупномасштабного освоения подземного пространства. Минск: Издательство БелАБЖ, 1997. 189 с.
3. ГИС-технологии при добыче полезных ископаемых. Специализированная корпоративная геоинформационная система «MapManager» / В.В. Видякин, М.А. Журавков, О.Л. Коновалов и др. Минск: Изд. центр БГУ, 2004. 208 с.
4. Gubanov S., Petsyk A., Komissarov A. Simulation of stresses and contact surfaces of disk rolling cutters with the rock when sinking in mixed soils // E3S Web of Conferences. 2020. 177. 03008. DOI: 10.1051/e3sconf/202017703008.
5. The automatised computer system “Emergency control plan” for underground mines / M. Zhuravkov, V. Kirienko, V. Kucherov et al. / Mine Planning and Equipment Selection. MPES 2001. Rotterdam, Brookfield, 2001. P. 503-506.
6. Журавков М.А., Коновалов О.Л., Кучеров В.Ф. Надежный интеллектуальный помощник // Охрана труда и социальная защита. 2003. № 1. С. 20-22.

Original Paper

UDC 622.831+502.604 © M.A. Zhuravkov, A.V. Nikolaev, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 7, pp. 85-88
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-85-88>

Title

EXPERT SYSTEM FOR COMPUTER SIMULATION OF THE VENTILATION SITUATION IN THE MINE IN THE EVENT OF AN ACCIDENT

Authors

Zhuravkov M.A.¹, Nikolaev A.V.²

¹ Belarusian State University, Minsk, 220030, Republic of Belarus

² Perm National Research Polytechnic University, Perm, 614990, Russian Federation

Authors information

Zhuravkov M.A., Doctor of Physics and Mathematics Sciences, Professor, Head of Theoretical and Applied Mechanics Department, e-mail: zhuravkov@bsu.by

Nikolaev A.V., Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor of the Mining Electromechanics Department, e-mail: nikolaev0811@mail.ru

Abstract

In the article, using the example of the developed automated system “Accident Elimination Plan”, the approach is described, according to which the work of expert systems is proposed. Based on the received data, the expert system analyzes the current situation and issues recommendations to the dispatcher, who makes adjustments to the computer mining plans and ventilation plans. The expert system has proven itself well in the mines of Belaruskali.

Keywords

Artificial intelligence, Expert system, Underground mining enterprise, Digital twin.

References

1. Il'in V.P. Sustainable Development and Problems of Mathematical Modeling. *Nauka iz pervykh ruk.* 2021, (5/6). (In Russ.).
2. Zhuravkov M.A. & Smychnik A.D. Design of geomonitoring systems for regions of large-scale development of underground space. Minsk, BelABZH Publ., 1997, 189 p. (In Russ.).

MINE VENTILATION

3. Vidyakin V.V., Zhuravkov M.A., Kononov O.L. et al. GIS-technologies in the extraction of minerals. Specialized corporate geoinformation system “MapManager”. Minsk, BGU Publ., 2004, 208 p. (In Russ.).
4. Gubanov S., Petsyk A. & Komissarov A. Simulation of stresses and contact surfaces of disk rolling cutters with the rock when sinking in mixed soils. *E3S Web of Conferences*, 2020, (177), 03008. DOI: 10.1051/e3sconf/202017703008.
5. Zhuravkov M., Kirienko V., Kucherov V. & Kononov O. The automatised computer system “Emergency control plan” for underground mines. Mine Planning and Equipment Selection. MPES 2001. Rotterdam/ Brookfield, 2001, pp. 503-506.
6. Zhuravkov M.A., Kononov O.L. & Kucherov V.F. Reliable intelligent assistant. *Ohrana truda i social'naya zashchita*, 2003, (1), pp. 20-22.

Acknowledgements

The study was financially supported by the Government of the Perm Territory within the framework of the project of the International Research Group “Development of a digital model for forecasting and price-dependent management of electricity demand consumed by underground mining operations”, 2020 (Agreement No. C-26/506 as of March 09, 2021).

For citation

Zhuravkov M.A. & Nikolaev A.V. Expert system for computer simulation of the ventilation situation in the mine in the event of an accident. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 85-88. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-85-88.

Paper info

Received March 3, 2023

Reviewed June 14, 2023

Accepted June 26, 2023

Исследование технологических показателей карьеров по добыче угля в штате Новый Южный Уэльс с использованием ресурсов дистанционного мониторинга Земли из космоса*

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-7-89-92>

В статье приводятся результаты оценки технологического потенциала и возможности по добыче угля угольных карьеров в штате Новый Южный Уэльс в Австралии. По космическим снимкам установлены технологические показатели угольных разрезов, применяемое горнотранспортное оборудование, элементы систем разработки угольных месторождений. Сделан вывод о том, что эффект от масштаба производства позволяет держать объем добычи угля на уровне 150 млн т в год.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, Австралия, штат Новый Южный Уэльс, карьеры по добыче угля, технологический потенциал, горнотранспортное оборудование, системы разработки месторождений, эффект от масштаба производства.

Для цитирования: Исследование технологических показателей карьеров по добыче угля в штате Новый Южный Уэльс с использованием ресурсов дистанционного мониторинга Земли из космоса / И.В. Зеньков, Чинь Ле Хунг, Ю.П. Юронен и др. // Уголь. 2023. № 7. С. 89-92. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-89-92.

ВВЕДЕНИЕ

В последние два десятилетия Австралия уверенно входит в десятку лидеров-стран в мировом угледобывающем секторе. Анализ информации на спутниковых снимках за период с 1985 г. высвечивает увеличение в разы количества карьеров по добыче угля в двух основных угледобывающих штатах Квинсленд и Новый Южный Уэльс. На наш взгляд, в условиях отсутствия адекватной информации о состоянии открытой угледобычи на австралийском континенте необходимо провести де-

* Исследование проведено в рамках международного сотрудничества в области расширения сферы использования технологий дистанционного зондирования Земли.

ЗЕНЬКОВ И.В.,

доктор техн. наук, профессор Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва, заместитель директора по научной работе Сибирского научно-исследовательского института горного и маркшейдерского дела, 660037, г. Красноярск, Россия, e-mail: zenkoviv@mail.ru

ЧИНЬ ЛЕ ХУНГ,

канд. техн. наук, доцент
Технического университета им. Ле Куи Дон,
000084, г. Ханой, Вьетнам

ЮРОНЕН Ю.П.,

канд. экон. наук, доцент
Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнёва,
660037, г. Красноярск, Россия

ВОКИН В.Н.,

канд. техн. наук, профессор
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

КИРЮШИНА Е.В.,

канд. техн. наук, доцент
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

КОНДРАШОВ П.М.,

канд. техн. наук, профессор
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

РАЕВИЧ К.В.

канд. техн. наук, доцент
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

ЛАТЫНЦЕВ А.А.

канд. техн. наук, доцент
Сибирского федерального университета,
660041, г. Красноярск, Россия

тальное исследование этого вида деятельности в штате Новый Южный Уэльс, который считается на материке вторым по объемам извлекаемого из недр угля. Такая информация необходима для прогнозирования мировой картины добычи угля в мировом недропользовании. Для исследования выбран участок территории этого штата площадью 1650 км², на территории которого производится масштабная разработка угольных месторождений открытым способом. Как известно, проводить исследования на больших по площади территориях можно эффективно с использованием ресурсов спутниковой съемки, о чем свидетельствуют решенные задачи в выполненном кратком обзоре научных публикаций [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

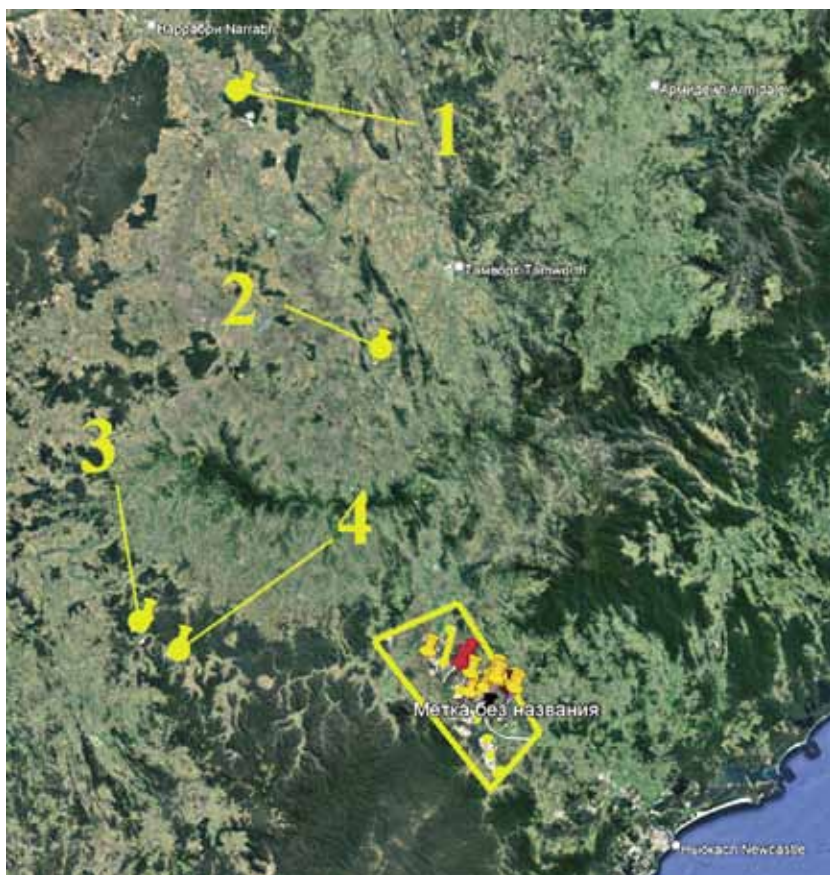
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В КАРЬЕРАХ ПО ДОБЫЧЕ УГЛЯ

По нашей предварительной оценке, сделанной на основе информационных ресурсов дистанционного зондирования Земли из космоса, в австралийском штате Новый Южный Уэльс работают более 30 карьеров по добыче угля [9]. Территория штата с максимальной концентрацией горнодобывающих предприятий обведена линией желтого цвета (см. рисунок).

В выделенном секторе работают 20 карьеров с общей протяженностью фронта горных работ 44630 м. Протяженность длинной и короткой осей сектора составляет 60 и 28 км соответственно. Точками с нумерацией с 1 по 4 отмечены места расположения одиннадцати карьеров. Расстояние по прямой между точками 1 и 2, 2 и 3(4) составляет 103 и 126 км соответственно.

В точке 1 работают три карьера с суммарной длиной горных работ 9300 м. В точке 2 работает один карьер с длиной рабочего борта 750 м. В точках 3 и 4 работают в общей совокупности семь карьеров с общей протяженностью горных работ 8950 м. Всего в исследуемой местности в 1985 г. уголь добывали в 11 карьерах. По результатам спутниковой съемки установлено, что с 1985 г. было введено в эксплуатацию 40 карьеров, и в 20 карьерах горные работы завершены [9]. В основном это карьеры с небольшими запасами угля, о чем свидетельствуют размеры выемок и породных отвалов.

По данным спутниковой съемки, горно-геологическое строение месторождений угля характеризуется экономически благоприятными показателями. Количество пластов угля варьирует от 2 до 4. Углы залегания пластов в угленосной толще находятся в диапазоне от нуля до 8°. Суммарная мощность покрывающих верхний пласт вскрышных пород и породных междупластий, разделяющих угольные пласты, находится в диапазоне 40-90 м. Количество вскрышных уступов в среднем составляет 2-4. Угольные пласты имеют суммарную мощность до 30 м. Залегание пластов в основном слабонаклонное с углами залегания пластов 4-6°. Значительная протяженность пластов вдоль их выходов под наносы рыхлых горных пород четвертич-



Фрагмент космоснимка с выделением мест добычи угля открытым способом в штате Новый Южный Уэльс (Австралия)

A fragment of a satellite image indicating surface coal mining sites in New South Wales (Australia)

ного возраста позволяет строить карьеры с разрезными траншеями до 7,5 км.

Весь объем горных пород (вскрышные породы и уголь) подлежит обязательному рыхлению с применением буровзрывного способа. Исключение составляет небольшой объем рыхлых горных пород четвертичного возраста, которые снимаются и складываются мощными бульдозерами во временные насыпи. Далее эти горные породы загружаются экскаваторами в автосамосвалы и транспортируют на отвалы. Взрывные скважины бурят по диагональной сетке с размерами не более 6×7 м. Выемочные панели имеют размеры 150×500 м. Объем горной массы после взрывания одной такой панели составляет 1,5 млн куб. м.

На перевалке надугольной вскрышной толщи в выработанное пространство в карьерах с протяженностью фронта горных работ более 1,0 км работают мощные драглайны с вместимостью ковша 100 куб. м и длиной стрелы 100 м. Ширину заходок драглайнов выбирают в диапазоне 70-80 м.

Вскрышные уступы, за исключением надугольного уступа, отрабатывают мехлопатами или гидравлическими экскаваторами с объемом ковша 12-50 куб. м с погрузкой в автосамосвалы грузоподъемностью до 360 т. Внутрикарьерные породные перемычки с целью сокращения расстояния перевозки вскрышных пород на внутренние отвалы отсыпают весьма редко. Вскрышные породы транспортируют на внутренние отвалы в основном по въездным траншеям. В карьерах наблюдается выделение выемочных блоков при длине верхнего вскрышного уступа более 1,9 км.

Добычные работы производят аналогичным оборудованием с транспортировкой угля до обогатительных фабрик и поверхностных стационарных складов с углепогрузочными терминалами. При этом в структуре экскаваторно-автомобильных комплексов отмечаются уменьшение вместимости ковша экскаваторов и снижение грузоподъемности карьерных автосамосвалов относительно комплексов, задействованных на вскрышных работах.

После переработки уголь размещают на стационарных складах, из которых он по конвейерам направляется в накопительные емкости в виде силосов диаметром 17-18 м и высотой до 50 м. Из них уголь отгружают в железнодорожные составы, в которых он транспортируется до морского порта Ньюкасл на побережье Тихого океана. Объем угольных накопителей составляет 5000-5500 куб. м, что отвечает объему железнодорожного состава из 70-80 вагонов грузоподъемностью 100 т каждый. При средней мощности угольных пластов 20 м и годовом продвижении фронта горных работ 100 м объем добычи угля на всех разрабатываемых месторождениях составляет 95 млн т. При 2- и 3-кратном увеличении темпов продвижения горных работ, составляющем 200 и 300 м, соответственно объем добычи может находиться на уровне 190 и 285 млн т в год. В этом случае необходима проверка этого показателя по технологическим возможностям горнотранспортного оборудования.

В составе горнотранспортного оборудования, работающего в карьерах по добыче угля в этом штате, находятся 98 буровых станков, семь драглайнов с вместимостью

ковша 100 куб. м и длиной стрелы 100 м. На выемке горных пород установлено 134 гидравлических экскаватора типа «прямая» и «обратная лопата» с вместимостью ковша от 12 до 42 куб. м, а также шесть гусеничных экскаваторов с канатным приводом рабочего оборудования и вместимостью ковша 45 куб. м. Вывозка горной массы из забоев производится 764 автосамосвалами грузоподъемностью в широком диапазоне – 160-360 т.

Отметим особое положительное отношение к экологии со стороны угледобывающих корпораций в этом штате. Собственники карьеров по добыче угля профинансировали работы по пересадке 3030 диких орхидей, произрастающих в долине реки Хантер, которая протекает по территории с интенсивным масштабным ведением открытых горных работ и отсыпкой породных отвалов [10, 11].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам дистанционного зондирования Земли определены состав горнотранспортного оборудования, работающего в угольных карьерах в штате Новый Южный Уэльс, технологический объем вскрышных работ и объем добычи угля. По нашей оценке, добыча угля в карьерах на территории этого штата характеризуется средними коэффициентами вскрыши в диапазоне 4-8 т/т. Исходя из стабильного мирового спроса на коксующийся и энергетический уголь со стороны развивающихся стран Юго-Восточной Азии, с одной стороны, а с другой, согласно выявленным темпам продвижения фронта горных работ во всех карьерах в последние годы объем добываемого угля в штате Новый Южный Уэльс держится на уровне 120 млн т. В целом по данным дистанционного мониторинга в последние два десятилетия на территории штата Новый Южный Уэльс наблюдается понижательный тренд в объемах добычи угля открытым способом.

Список литературы

1. Пономаренко М.Р., Кутепов Ю.И., Шабаров А.Н. Информационно-аналитическое обеспечение мониторинга состояния объектов открытых горных работ на базе технологий веб-картографии // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2022. № 8. С. 56–70.
2. Унифицированная технология дистанционного мониторинга природных и антропогенных объектов / А.М. Константинова, И.В. Балашов, А.В. Кашницкий и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. № 4. С. 41-52.
3. Разработка системы анализа состояния окружающей среды в зонах расположения крупных промышленных объектов, хвостохранилищ и отвалов / Е.А. Лупян, А.М. Константинова, И.В. Балашов и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 7. С. 243–261.
4. Zenkov I.V., Le Hung T., Vokin V.N. et al. Space-based Applications of Remote Sensing in Studying Opencast Mining and Ecology at Deposits of Non-ferrous Metal Ore // Ecology and Industry of Russia. 2022. Vol. 26. Is. 1. P 24-29.
5. Adero N.J., Drebenstedt C., Prokofeva E.N., Vostrikov A.V. Spatial data and technologies for geomonitoring of land use under aspect of mineral resource sector development // Eurasian mining. 2020. No. 1. P. 69-74.

6. Ritesh Mujawdiya, Chatterjee R.S., Dheeraj Kumar. MODIS land surface temperature time series decomposition for detecting and characterizing temporal intensity variations of coal fire induced thermal anomalies in Jharia coalfield, India // *Geocarto International*. 2020. DOI: 10.1080/10106049.2020.1818853.
7. Narendra Singh, Chatterjee R.S., Dheeraj Kumar et al. Retrieval of precise land surface temperature from ASTER night-time thermal infrared data by split window algorithm for improved coal fire detection in Jharia Coalfield, India // *Geocarto International*. 2020. DOI: 10.1080/10106049.2020.1753820.
8. López-Vinielles J., Fernández-Merodo J.A., Ezquerro P. et al. Combining Satellite InSAR, Slope Units and Finite Element Modeling for Stability Analysis in Mining Waste Disposal Area // *Remote Sens*. 2021; 13(10):2008.
9. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.06.2023).
10. Bell Stephen A.J. Translocation of threatened terrestrial orchids into non-mined and post-mined lands in the Hunter Valley of New South Wales, Australia // *Restoration Ecology*. 2020. Vol. 28. Is. 6. P. 1396-1407.
11. Bell Stephen A.J. Successful recruitment following translocation of a threatened terrestrial orchid (*Diuris tricolor*) into mining rehabilitation in the Hunter Valley of NSW // *Ecological Management and Restoration*. 2021. Vol. 22. Is. 2. P. 204-207.

ABROAD

Original Paper

UDC 622.271(73):550.814 © I.V. Zenkov, Trinh Le Hung, Yu.P. Yuronen, V.N. Vokin, E.V. Kiryushina, P.M. Kondrashov, K.V. Raevich, A.A. Latyntsev, 2023
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 7, pp. 89-92
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-6-89-92>

Title

A STUDY INTO TECHNOLOGICAL INDICATORS OF SURFACE COAL MINES IN THE NEW SOUTH WALES USING EARTH'S REMOTE SENSING DATA

Authors

Zenkov I.V.^{1,2}, Trinh Le Hung³, Yuronen Yu.P.¹, Vokin V.N.⁴, Kiryushina E.V.⁴, Kondrashov P.M.⁴, Raevich K.V.⁴, Latyntsev A.A.⁴

¹ Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

² Siberian Research Institute of Mining and Surveying, Krasnoyarsk, 660064, Russian Federation

³ Le Quy Don Technical University (LQDTU), Hanoi, 11355, Vietnam

⁴ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

Authors Information

Zenkov I.V., Doctor of Engineering Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work, e-mail: zenkoviv@mail.ru

Trinh Le Hung, PhD (Engineering), Associate Professor

Yuronen Yu.P., PhD (Economic), Associate Professor

Vokin V.N., PhD (Engineering), Professor

Kiryushina E.V., PhD (Engineering), Associate Professor

Kondrashov P.M., PhD (Engineering), Professor

Raevich K.V., PhD (Engineering), Associate Professor

Latyntsev A.A., PhD (Engineering), Associate Professor

Abstract

This paper presents the results of assessing the technological potential and mining capacity of surface coal mines in New South Wales, Australia. Technological indicators of coal mines, mining and transport equipment used, as well as elements of coal mining systems, are identified using the satellite imaging data. A conclusion is made that the economy of scale allows to keep the level of coal production at 150 mtpa.

Keywords

Earth remote sensing, Australia, New South Wales, Surface coal mines, Technological capacity, Mining and transport equipment, Mining systems, Economy of scale.

References

1. Ponomarenko M.R., Kutepov Yu.I. & Shabarov A.N. Information and analytical support for monitoring the condition of surface mining facilities based on web-mapping technologies. *Gornyy informatsionno-analiticheskij byulleten'*, 2022, (8), pp. 56-70. (In Russ.).
2. Konstantinova A.M., Balashov I.V., Kashnitsky A.V. et al. Unified technology for remote monitoring of natural and man-made sites. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, (4), pp. 41-52. (In Russ.).
3. Lupyan E.A., Konstantinova A.M., Balashov I.V. et al. Designing an environmental analysis system in the areas of large-scale industrial facilities, tailings and waste dumps. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2020, Vol. 17, (7), pp. 243-261. (In Russ.).
4. Zenkov I.V., Le Hung T., Vokin V.N. et al. Space-based Applications of Remote Sensing in Studying Open-pit Mining and Ecology at Deposits of Non-ferrous Metal Ore. *Ecology and Industry of Russia*, 2022, Vol. 26, (1), pp. 24-29.

5. Adero N.J., Drebenstedt C., Prokofeva E.N. & Vostrikov A.V. Spatial data and technologies for geomonitoring of land use under aspect of mineral resource sector development. *Eurasian mining*, 2020, (1), pp. 69-74.

6. Ritesh Mujawdiya, Chatterjee R.S. & Dheeraj Kumar. MODIS land surface temperature time series decomposition for detecting and characterizing temporal intensity variations of coal fire induced thermal anomalies in Jharia coalfield, India. *Geocarto International*, 2020. DOI: 10.1080/10106049.2020.1818853.

7. Narendra Singh, Chatterjee R.S., Dheeraj Kumar et al. Retrieval of precise land surface temperature from ASTER night-time thermal infrared data by split window algorithm for improved coal fire detection in Jharia Coalfield, India. *Geocarto International*, 2020. DOI: 10.1080/10106049.2020.1753820.

8. López-Vinielles J., Fernández-Merodo J.A., Ezquerro P. et al. Combining Satellite InSAR, Slope Units and Finite Element Modeling for Stability Analysis in Mining Waste Disposal Area. *Remote Sens*, 2021; 13(10):2008.

9. Google Earth. [Electronic resource]. Available at: <https://www.google.com.earth/> (accessed 15.06.2023).

10. Bell Stephen A.J. Translocation of threatened terrestrial orchids into non-mined and post-mined lands in the Hunter Valley of New South Wales, Australia. *Restoration Ecology*, 2020, Vol. 28, (6), pp. 1396-1407.

11. Bell Stephen A.J. Successful recruitment following translocation of a threatened terrestrial orchid (*Diuris tricolor*) into mining rehabilitation in the Hunter Valley of NSW. *Ecological Management and Restoration*, 2021, Vol. 22, (2), pp. 204-207.

Acknowledgements

The study was performed within the framework of international cooperation in expanding the use of remote sensing technologies.

For citation

Zenkov I.V., Trinh Le Hung, Yuronen Yu.P., Vokin V.N., Kiryushina E.V., Kondrashov P.M., Raevich K.V. & Latyntsev A.A. A study into technological indicators of surface coal mines in the New South Wales using Earth's remote sensing data. *Ugol'*, 2023, (7), pp. 89-92. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-7-89-92.

Paper info

Received May 3, 2023

Reviewed June 10, 2023

Accepted June 26, 2023

MiningWorld Russia

28-я Международная выставка
машин и оборудования
для добычи, обогащения
и транспортировки
полезных ископаемых

Забронируйте стенд
miningworld.ru



23–25 апреля 2024
Москва, Крокус Экспо



ОРГАНИЗАТОР
ORGANISER



ПОЛНЫЙ СПЕКТР ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



РЕКЛАМА

- горно-шахтное
- буровое
- подъемно-транспортное
- электротехническое
- обогатительное



**УПП «Нива» -
управляющая компания
холдинга «Нива-Холдинг»**

Республика Беларусь, Минская обл.,
г. Солигорск, ул. Заводская, 4.
+375-174-26-49-27
market@niva.by
www.niva.by

Представительства в РФ:

ООО «Нива-Урал»:
+7 (342) 533-99-79
ООО «Нива-Красноярск»:
+7 (391) 269-92-00
ООО «Нива-Кузбасс»:
+7 (906) 936-88-89

СВЫШЕ 45 ЛЕТ НА РЫНКЕ ГОРНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ