

Приоритетные направления развития российского программного обеспечения для угольной промышленности

Часть 2

(Окончание. Начало см. журнал «Уголь», № 6-2021, с. 18-22)

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-7-13-19>

Статья является продолжением статьи «Приоритетные направления развития российского программного обеспечения для угольной промышленности. Часть 1», в которой представлено обоснование внедрения отечественных программных продуктов с целью управления рисками, актуальными для угольной промышленности России. В данной части представлен анализ мировых и отечественных технологических трендов в угольной промышленности. Проведено исследование, по результатам которого Министерством энергетики РФ утвержден список направлений развития специализированного программного обеспечения для угольной отрасли. С помощью оценки направлений по экономическим и функциональным критериям в качестве приоритетных определены системы безлюдной выемки угля, имитационное моделирование горных работ, системы управления процессами обогащения угля, геологическое 3D-моделирование месторождения и планирование горных работ, а также программное обеспечение для расчета и проектирования буровзрывных работ. Результаты работы могут быть использованы специалистами компаний угольной промышленности и академическими институтами, занимающимися разработкой отечественного ПО для нужд отрасли.

Ключевые слова: специализированное программное обеспечение, технологическое развитие, цифровизация, импортозамещение, приоритетные направления.

Для цитирования: Жданеев О.В., Оленева О.Н. Приоритетные направления развития российского программного обеспечения для угольной промышленности. Часть 2 // Уголь. 2021. № 7. С. 13-19. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-13-19.

ВВЕДЕНИЕ

Основными задачами развития отечественного специализированного программного обеспечения в угольной промышленности являются: снижение зависимости от импортных технологий, управление рисками, связанными с недостатком финансирования при приобретении и об-

ЖДАНЕЕВ О.В.

Канд. физ.-мат. наук,
руководитель Центра компетенций
технологического развития ТЭК
ФГБУ «Российское энергетическое агентство»
Министерства энергетики Российской Федерации,
129085, г. Москва, Россия,
e-mail: Zhdaneev@rosenergo.gov.ru

ОЛЕНЕВА О.Н.

Директор проекта департамента отраслевых технологий
Центра компетенций технологического развития ТЭК
ФГБУ «Российское энергетическое агентство»
Министерства энергетики Российской Федерации,
129085, г. Москва, Россия,
e-mail: Oleneva@rosenergo.gov.ru

новлении зарубежного программного обеспечения, а также увеличение доли рынка отечественного товара в стоимостном выражении. Для решения этих задач необходимо проанализировать мировые и отечественные технологические тренды, составить список всех направлений специализированного программного обеспечения (ПО) для угольной отрасли и разработать систему оценки приоритетности внедрения направления в России.

МИРОВОЙ РЫНОК И ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

В мировой горнодобывающей отрасли ожидается, что применение цифровых технологий позволит снизить затраты на 17% до 2025 г. [1].

Снижение затрат и рисков, более точное планирование горных работ, внедрение инноваций, позволяющих улучшить и обезопасить тяжелые условия труда, могут быть

достигнуты благодаря нескольким направлениям развития технологий:

1. Сбор и классификация больших массивов данных. Современные угольные компании оснащают объекты датчиками, которые генерируют большие потоки данных. Например, уже в 2015 г. отрасль в день собирала большее количество данных, чем существовало в 2003 г. Для использования, хранения и контроля качества такого объема информации необходимы специализированные инструменты. Для угледобывающих компаний создаются динамические информационные платформы на основе технологии Интернета вещей [2]. Платформы направлены на решение различных задач потенциальных пользователей за счет объединения четырех подсистем, включая системы сбора, передачи, анализа и использования. Такие платформы могут отслеживать и записывать данные об условиях работы систем добычи угольных шахт, а также информацию о местонахождении подземного оборудования и сотрудников. На основе методов облачных вычислений можно быстро проанализировать большие данные, связанные с добычей угля, и точно извлечь важную информацию, необходимую конкретному пользователю [3]. Для подземной добычи платформа состоит из трехмерной виртуальной шахты, системы проверки безопасности и аварийно-спасательной системы. Благодаря установленной платформе возможности пользователей по обнаружению опасностей и последующему принятию решений могут быть значительно расширены для обеспечения безопасности подземных горных работ [4];

2. Искусственный интеллект. С помощью внедрения инновационных технологий становится возможной обработка больших массивов данных. Для геологического моделирования, планирования горных работ и техобслуживания в угольной промышленности применяются статистические алгоритмы. Такие методы способствуют повышению показателей разведки и поиска запасов, а также более точному определению целевых параметров выработки;

3. Автоматизация и роботизация производства. Наиболее значительный прогресс в угольной отрасли в ближайшие 20 лет будет в автоматизации процессов и для открытых, и для подземных выработок. Согласно исследованию Grand View Research, Inc., на текущий момент рынок автоматизации угольной промышленности занимает 32% (1,4 млрд дол. США) всего мирового рынка автоматизации горных работ. Использование роботизированных самосвалов позволяет увеличить срок службы оборудования на 15% и снизить расход топлива и затраты на техническое обслуживание на 10% [5]. Роботизация буровзрывных работ на текущий момент менее распространена, но крупные горнодобывающие компании постепенно начинают внедрение роботов буровзрывных станков. Компания Rio Tinto Group использует 20 автономных буровых систем на рудниках в Пилбаре. Эта технология позволяет удаленному оператору с единой консоли управлять четырьмя автономными буровыми установками одновременно [6]. Компания BHP Billiton опробовала технологию автоматизированного бурения на руднике Янди в Пилбаре. Установка способна работать в течение 11,5 ч из 12-часовой смены по сравнению с 8,5 ч работы человека-оператора, при этом для наблюдения за тремя установками требуется один че-

ловек. Компания сообщила об улучшении показателей бурения за счет оптимизации на 20% [6];

4. Предиктивная аналитика. Горнорудные компании контролируют параметры работы в реальном времени и собирают данные с массы различных датчиков с буровых установок, карьерных самосвалов, перерабатывающих предприятий и грузовых составов. Использование этой информации для оценки вероятности отказов конкретных узлов и проведение ремонтов «по состоянию» позволяют снизить расходы на техническое обслуживание по сравнению с плановыми ремонтами. Для более точного определения причин отказов используются алгоритмы кластеризации (разделение самосвалов на группы в зависимости от особенностей использования). В результате внедрения данных алгоритмов экономия ремонтных затрат составляет 12%, эксплуатационная готовность техники повышается на 5% [7];

5. «Мобильный сотрудник». Расширяется сфера применения носимых устройств, таких как средства индивидуальной защиты сотрудников с датчиками, передающими информацию об окружающих условиях и физическом состоянии сотрудника. «Умные очки» подают инструкции персоналу и, таким образом, помогают повысить производительность труда;

6. Интеграция различных программных продуктов на единую программную платформу [8]. Процесс разработки месторождений представляет собой последовательность работ от разведки до планирования и проведения, в которой различные подразделения компании используют различные источники данных. Для получения более точного представления о запасах угледобывающие компании объединяют данные моделей и информацию, поступающую в режиме реального времени [9]. Один из лидеров в горнодобывающей отрасли, компания Vale S.A. (Бразилия), создал интегрированный операционный центр на шахте Агус Кларас, агрегирующий потоки данных производственных операций. Такая структура позволяет получить комплексное представление о руднике, железных дорогах и портах до конечного пункта назначения, чтобы процесс принятия решений был более эффективным и был сосредоточен на оптимизации процессов и производительности активов. Компания прогнозирует потенциальную годовую прибыль более 600 млн дол. США [10].

ОСНОВНЫЕ ТРЕНДЫ В РОССИЙСКОЙ УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Российская угольная отрасль работает в условиях рыночной экономики, при этом около трети общего объема инвестиций в проекты формируется за счет привлеченных средств [11].

С целью определения цифровой зрелости предприятий угольной промышленности Министерство энергетики РФ совместно с ЦКТР ТЭК [12] провело опрос компаний. В опросе приняли участие 30 компаний угольной промышленности с суммарной годовой добычей более 80% от общей добычи угля в России. На текущий момент достигнуты следующие показатели цифровой трансформации отрасли:

Сбор и классификация больших массивов данных. Согласно результатам опроса, половина угольных компа-

ний в России собирают производственные данные в едином хранилище, для пространственных данных единое хранилище внедрено в 10% компаний;

Искусственный интеллект. На текущий момент в работе с пространственными данными машинное обучение внедрено только в 8% отечественных компаний. Также машинное обучение используется для задач промышленной безопасности – подобные решения внедрены в 15% компаний;

Предиктивная аналитика. Прогнозирование отказов оборудования находится на начальной стадии в угольной отрасли России, предиктивная аналитика на текущий момент внедрена в 5% компаний и планируется к внедрению в 12% компаний;

«Мобильный сотрудник». СИЗ с датчиками, передающими данные о физическом состоянии сотрудника и окружающих условиях, используются в 40% угольных компаний. На текущий момент в большинстве случаев используются устройства для позиционирования персонала, их внедрило 45% предприятий. Носимые устройства для контроля состояния здоровья планируются к внедрению в 18% отечественных угольных компаний;

Автоматизация и роботизация. Результаты опроса показывают, что отечественные компании на текущий момент довольно активно используют беспилотные летательные аппараты для целей маркшейдерии и картографии (согласно результатам опроса – 30% компаний), а также для охраны территорий (12% компаний), но возможности дронов для задач ТОиР пока еще недостаточно изучены – только два предприятия планируют внедрение таких технологий. Роботизированный и дистанционно управляемый транспорт пока не очень активно используется в горнодобывающей отрасли (исключение составляют добычные и проходческие комбайны). Но несколько компаний уже запланировали закупку роботов-помощников для самосвалов.

Примером применения роботизированных самосвалов является проект, выполненный компаниями АО «СУЭК» и ГК «Цифра» на разрезе «Черногорский» в 2018–2020 гг. Количество рейсов за смену, выполняемых роботизированными самосвалами, на 20% выше, чем при управлении самосвалом человеком, при этом подтверждено снижение удельного расхода ГСМ на 13%;

Интеграция различных программных продуктов на единую программную платформу. Заметная доля компаний успешно осуществила интеграцию различных КИС (ERP, HR, EAM, SCM) с MES-системами и с АСУ ТП. При этом основной упор сделан на передачу данных о фактических объемах добычи (55% компаний), сообщениях о поломках и простоях оборудования (30% компаний), а также показателях, необходимых для расчета выплат персоналу (37% компаний). Следует отметить высокий уровень заинтересованности компаний в дальнейшей интеграции для комплексного учета движения горной массы по складам. Один из примеров подобной оптимизации производства показал, что средний показатель выработки вырос на 3–4% в течение трех месяцев.

КЛЮЧЕВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ЦКТР ТЭК Минэнерго России [13] в 2020 г. провел опрос предприятий угольной промышленности с целью выявления зависимости от импорта и определения потребности в разработках отечественного специализированного программного обеспечения. В опросе участвовали 12 крупнейших отраслевых компаний, а также была проанализирована информация из открытых источников. Таким образом, выделено 33 направления специализированного ПО (см. рисунок), некоторые из которых объеди-

Программное обеспечение (ПО) Уголь

ГРП и геологическое моделирование	планирование работ	офис	проведение работ	обогащение
ПО для поиска и разведки месторождений	ПО для планирования и проектирования открытых рудников и подземных выработок	ПО для автоматизации нарядной системы предприятия с применением ЭЦП	ПО для интегрированных систем мониторинга состояния горного массива	ПО систем управления процессами обогащения угля
ПО для оценки запасов	ПО для условного моделирования	ПО для проведения специальной оценки условий труда СОУТ	ПАК для оперативного мониторинга технического состояния и диспетчеризации оборудования	
модуль для каркасного моделирования	ПО для оптимизации карьера	ПО для автоматизации контроля компетентности персонала, тестирования персонала, проведения обучения	ПО для расчета и проектирования буровзрывных работ	
для стратиграфического моделирования	ПО для имитационного моделирования горных работ («Цифровой двойник» горных работ)		ПАК для систем безлюдной выемки угля	
ПО для расчета результатов съемки (импорта маркшейдерских данных)	ПО для расчета параметров воздушных ударных волн и зон поражения при взрывах газа		ПО для систем аэрогазового контроля в угольных шахтах	
	ПО для расчета необходимого количества воздуха для проветривания забоев		ПО для управления горным производством и парком техники	
	ПО для расчета и анализа водораспределения в подземном трубопроводе		ПО для автоматизации системы промышленной безопасности	
	Программный комплекс для задач проветривания и противоаварийной устойчивости горных предприятий		ПО для автоматизации системы производственного контроля и расчета рисков	
	ПО для финансового моделирования и бюджетирования горных работ		ПО для автоматизации проведения предсменных мед. осмотров	
	ПО для календарного планирования		ПО для автоматизации систем охраны труда	
			ПО для реализации системы позиционирования персонала	
			ПО для реализации системы предупреждения столкновений	
			ПО для автоматизации ТОиР	

Ключевые направления специализированного программного обеспечения для угольной промышленности

нены компаниями-разработчиками в интегрированные комплексные программные пакеты.

Для выбора приоритетных направлений специализированного ПО были использованы критерии, относящиеся к трем группам, отражающим выгоду от разработки и внедрения отечественных продуктов как для российских компаний-разработчиков ПО, так и для самих угольных предприятий:

– критерии ИТ-рынка: объем рынка, доля импорта, темп роста, возможности для экспорта решений, доля компаний, использующих данное направление;

– функциональные критерии: оценка существующих отечественных аналогов (критичность отказа от зарубежного ПО);

– экономические критерии: срок окупаемости, снижение затрат предприятий.

Каждое направление было оценено по восьми критериям. Для определения итогового рейтинга показатели нормированы делением на максимальный показатель по критерию в единые единицы измерения – коэффициенты от 0 до 1.

Объем отечественного рынка направления программного обеспечения:

$$K_{op\ i} = \frac{(\text{Объем отечественного рынка}_i, \text{ млн руб.})}{\max_i(\text{Объем отечественного рынка}_i, \text{ млн руб.})}$$

Темп роста сегмента рынка – данный критерий позволяет учесть приоритетность развивающихся инновационных технологий, объем рынка, по которым на текущий момент имеет небольшое значение:

$$K_{tr\ i} = \frac{(\text{Темп роста}_i, \%) }{\max_i(\text{Темп роста}_i, \%)}$$

Доля зарубежного программного обеспечения – показывает, какой процент рынка не освоен отечественными разработчиками на текущий момент:

$$K_{di\ i} = \frac{(\text{Доля импорта}_i, \%) }{\max_i(\text{Доля импорта}_i, \%)}$$

Возможности для экспорта – потенциальный объем глобального рынка программного обеспечения в случае разработки и импорта программных решений по данному направлению:

$$K_{tr\ i} = \frac{(\text{Потенциальный объем рынка}_i, \text{ млн руб.})}{\max_i(\text{Потенциальный объем рынка}_i, \text{ млн руб.})}$$

Срок окупаемости – помогает оценить заинтересованность ИТ-компаний в разработке проектов по данному направлению. Поскольку с ростом показателя приоритетность направления возрастает, необходимо оценивать величину, обратную показателю:

$$K_{co\ i} = \frac{1 / (\text{Срок окупаемости}_i, \text{ лет})}{\max_i(1 / \text{Срок окупаемости}_i, \text{ лет})}$$

Экономический эффект для предприятия – критерий, показывающий общий эффект: снижение затрат предприятия, рост прибыли:

$$K_{ez\ i} = \frac{(\text{Экономический эффект}_i)}{\max_i(\text{Экономический эффект}_i, \text{ лет})}$$

Критичность направления – оценивается согласно результатам опроса предприятий по функциональности существующих отечественных аналогов по пятибалльной шкале (способность заменить импортные продукты отечественными), где 1 – отечественные решения на текущий момент способны заменить зарубежные в случае полного отказа от последних, 5 – на текущий момент отечественные решения не могут в полной мере заменить зарубежные, K_{kn} :

$$K_{kn\ i} = \frac{(\text{Критичность направления}_i, \%) }{\max_i(\text{Критичность направления}_i, \%)}$$

Доля предприятий РФ, использующих направление ПО, – данный показатель не должен иметь большой вес в итоговом рейтинге, поскольку все направления должны использоваться компаниями для достижения максимальной эффективности:

$$K_{di\ i} = \frac{(\text{Доля предприятий}_i, \%) }{\max_i(\text{Доля предприятий}_i, \%)}$$

Итоговый рейтинг приоритетности разработки и внедрения соответствующей категории специализированного программного обеспечения представляет собой сумму показателей с весовыми коэффициентами:

$$K_{итог} = B_{op} K_{op} + B_{tr} K_{tr} + B_{di} K_{di} + B_{tr} K_{tr} + B_{co} K_{co} + B_{ez} K_{ez} + B_{kn} K_{kn} + B_{di} K_{di}$$

где $B_{op}, B_{tr}, B_{di}, B_{tr}, B_{co}, B_{ez}, B_{kn}, B_{di}$ – весовые коэффициенты

для каждого показателя и $\sum B_i = 1$

Весовые коэффициенты определены методом ранжирования (иерархии) критериев (модифицированный метод Саати). Экспертам было предложено провести попарное сравнение критериев. Суждению эксперта приписывается один из пяти возможных кодов: 1/5, 1/3, 1, 3 или 5, где 5 – это сильное превосходство критерия, расположенного в таблице по вертикали, 3 – превосходство, 1 – равенство критериев, а 1/3 и 1/5, соответственно, показывают отставание и сильное отставание критерия. Результат представляется обратно пропорциональной матрицей **A** (при сравнении факторов i и $j, a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$), собственный вектор ко-

торой является вектором приоритетов критериев, то есть показывает значения их весов при определении рейтинга направления. В данном случае собственный вектор матрицы определяется вычислением среднего геометрического каждой строки. Далее весовые коэффициенты, полученные по таблицам различных экспертов, усреднены и получены итоговые весовые коэффициенты.

Таким образом, наибольший вес имеет потенциальный экономический эффект для предприятия при внедрении программного обеспечения. Также большими весами обладают темп роста сегмента рынка, показывающий важность внедрения инновационных цифровых технологий, и доля импорта, которую необходимо уменьшать при развитии собственных программных решений и для достижения технологической независимости:

– вес объема отечественного рынка $B_{op} = 0,12$;

- вес темпа роста сегмента рынка $B_{тр} = 0,17$;
- вес доли зарубежного программного обеспечения $B_{дн} = 0,13$;
- вес потенциального объема глобального рынка $B_{гр} = 0,09$;
- вес срока окупаемости $B_{со} = 0,07$;
- вес экономического эффекта $B_{эо} = 0,28$;
- вес критичности направления $B_{кн} = 0,09$;
- вес доли предприятий, использующих направление $B_{дп} = 0,04$.

В результате анализа собранной информации с использованием описанной выше методологии были определены следующие приоритетные направления развития российского специализированного программного обеспечения:

Программное обеспечение для систем безлюдной выемки угля. На текущий момент данное направление только развивается, поэтому решающим критерием, по которому оно выбрано приоритетным, является темп роста рынка, который оценивается в 100% в год. На текущий момент в России внедрен один проект по безлюдной выемке угля, в основе которого совместная разработка АО «СУЭК-Кузбасс» и немецких компаний Marco Systemanalyse und Entwicklung GmbH и Eickhoff Gruppe. Среди отечественных компаний компетенциями и наработками по этому направлению обладает компания ГК «Цифра». Для успешного внедрения технологии необходимы изменения в законодательстве, регулирующем совместную работу человека и роботизированной техники;

Программное обеспечение для имитационного моделирования горных работ («цифровой двойник» горных работ). Критерием, наиболее влияющим на выбор данного направления, также является темп роста рынка – 100% в год. Для развития направления необходимы сбор и хранение потоков данных, внедрение облачных технологий (на текущий момент 25% компаний используют корпоративное облако, 11% начали процесс внедрения).

Проектами создания «цифрового двойника» горных работ занимается НОЦ «Кузбасс». Платформа, а также комплекс программных средств, позволяющих осуществить цифровизацию производства, обеспечив единую систему хранения и управления данными, созданы в ГК «Цифра» («Zyfra Industrial IoT Platform»);

Программное обеспечение систем управления процессами обогащения угля. По данному направлению большое значение при определении итогового рейтинга приоритетности имеют такие критерии, как доля импорта и критичность направления (то есть оценка функциональности отечественного ПО). Цифровизация данного направления и интеграция различных программных продуктов на единую платформу формируют комплекс «интеллектуальная обогатительная фабрика». Компетенциями развития и внедрения ПО обладают отечественные компании, производящие SCADA-системы, а также компания ООО «ИНДАСОФТ», разрабатывающая программные продукты в области обогащения и переработки;

Программное обеспечение для создания геологической 3D-модели месторождения и планирования горных работ. Данное направление характеризуется высокой зависимостью от импорта – 90%. Полноценное ПО должно включать в себя несколько модулей, но на те-

кущий момент в большинстве компаний угольной промышленности существующие решения не интегрированы на единую платформу, в большинстве случаев компании используют Autocad и отдельные модули импортных программных продуктов, рассчитанных на моделирование полного цикла разведки и выработки угля. Планирование и оптимизация горных работ с применением трехмерного моделирования в специализированных программных пакетах на текущий момент осуществляются только в 25% компаний. Для создания конкурентоспособного ПО отечественным компаниям-разработчикам необходимо создать следующие программные продукты:

- программное обеспечение для поиска, разведки, оценки запасов и геологического моделирования;
- программное обеспечение для планирования горных работ;
- программное обеспечение для проектирования горных работ;
- программное обеспечение для расчета результатов съемки используется для импорта маркшейдерских данных, обеспечивая условия для расчета объектов, собранных в результате съемки.

Поскольку в большинстве компаний (70% согласно опросу) уже внедрены модели дневной поверхности, наибольший потенциал для внедрения имеет модель расчета качественных показателей в виде блочной модели;

Программное обеспечение для расчета и проектирования буровзрывных работ. Буровзрывные работы характеризуются большим объемом ручного труда, повышенными требованиями к обеспечению безопасности сотрудников и требуют хорошо организованного информационного взаимодействия всех участников: геологов, маркшейдеров, буровиков и взрывников. На текущий момент большинство компаний используют ПО на базе Autocad (почти 70%) для проектирования сетки скважин, при этом, например, система контроля установки зарядов в скважину автоматизирована только в 10% компаний. Для расчета параметров воздушных ударных волн и зон поражения при взрывах газа в горных выработках угольной шахты отечественные компании используют ПО «Ударная волна» компании «ШахтЭксперт системы». Для повышения производительности взрывных работ необходим охват процесса от моделирования взрыва до измерений и анализа после завершения работ.

МИРОВОЙ РЫНОК И ТРЕНДЫ РАЗВИТИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Список направлений развития специализированного программного обеспечения для угольной отрасли, составленный совместно с отраслевым сообществом, утвержден Министерством энергетики Протоколом № ПС-16/1рг совещания рабочей группы при Совете по цифровой трансформации ТЭК 11.03.2020. Согласно результатам анализа отраслевого опроса и проведенной оценки направлений по экономическим и функциональным критериям, в первую очередь необходимо развитие отечественного ПО по наиболее перспективным направлениям: безлюдная выемка угля, имитационное моделирование, управление процессами обогащения, геологическое 3D-моделирование и

планирование горных работ, а также расчет и проектирование буровзрывных работ. Разработка и внедрение данных программных продуктов позволят обеспечить рост рынка ПО в угольной отрасли на 28 млрд руб. до 2025 г. и снизить долю импорта до 30%.

По данным направления следующими шагами будут являться мероприятия по разработке отраслевых технических требований и технических заданий, определению кластера компаний-разработчиков, имеющих компетенции по созданию отечественных продуктов, формированию дорожных карт проектов разработки каждого направления, а также по разработке методики испытаний и созданию испытательных центров. Исполнителями данных мероприятий будут являться разработчики ПО, научные организации и предприятия угольной промышленности при поддержке Министерства энергетики РФ и ГРБС.

Список литературы

1. Жолмагамбетов Т. Цифровизация производства – следующий этап повышения производительности горнодобывающей промышленности // Горно-металлургическая промышленность. 2018. № 2. С. 44–45.
2. Online map service technology and application of coal geological cloud // K. Yang, L. Mia, Z. Duan et al. // International Journal of Coal Science & Technology. 2020. Vol. 7(4). P. 1674–1803.
3. Mao S. Development of coal geological information technologies in China // International Journal of Coal Science & Technology. 2020. Vol. 7. P. 320–328. DOI: 10.1007/s40789-020-00340-1.
4. A dynamic information platform for underground coal mine safety based on internet of things / Y. Wu, M. Chen, K. Wang et al. // Safety Science. 2019. Vol. 113. P. 9–18.
5. Construction week. Global mining giants pick autonomous trucks to cut costs. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.constructionweekonline.com/products-services/169830-](https://www.constructionweekonline.com/products-services/169830-autonomous-trucks-vehicles-and-machines-show-benefits-for-worlds-largest-mining-companies%23)

[autonomous-trucks-vehicles-and-machines-show-benefits-for-worlds-largest-mining-companies%23](https://www.constructionweekonline.com/products-services/169830-autonomous-trucks-vehicles-and-machines-show-benefits-for-worlds-largest-mining-companies%23) (дата обращения: 15.06.2021).

6. Mining technology analysis. Mining robots: Rio Tinto doubles down on autonomous drilling. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.mining-technology.com/features/mining-robots-rio-tinto-doubles-autonomous-drilling/> (дата обращения: 15.06.2021).

7. Fekete J.A. Big data in mining operation. Master's thesis. Copenhagen Business School, 2015. [Электронный ресурс]. URL: https://research-api.cbs.dk/ws/portalfiles/portal/58415524/jonatan_adam_fekete.pdf (дата обращения: 15.06.2021).

8. Gao H. Coal Mine Geology Digitization Management System Development / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. Vol. 565. DOI: 10.1088/1755-1315/565/1/012021.

9. System design and key technology of transparent mine management control platform // S. Mao, J. Cui, J. Linghu et al. // Journal of the China Coal Society. 2018. Vol. 3(12).

10. Vale deploys the Integrated Operations Center in Minas Gerais. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.vale.com/brasil/EN/aboutvale/news/Pages/vale-implanta-centro-operacoes-integradas-minas-gerais1107-1466.aspx> (дата обращения: 15.06.2021).

11. Поленов Д.Ю. Анализ и прогноз конъюнктуры рынка угля // Российский экономический интернет-журнал. 2016. № 1. С. 29.

12. Жданев О.В. Центр компетенций технологического развития ТЭК Российского энергетического агентства Минэнерго России // Нефтяное хозяйство. 2020. № 8. С. 11.

13. Власюк Л.И., Сиземов Д.Н., Дмитриева О.В. Стратегические приоритеты цифровой трансформации угольной отрасли // Экономика в промышленности. 2020. Т. 13. № 3. С. 328–338.

Original Paper

UDC 681.3.06:622.33 © O.V. Zhdaneev, O.N. Oleneva, 2021
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2021, № 7, pp. 13-19
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-7-13-19>

Title
PRIORITY TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF RUSSIAN SOFTWARE FOR THE COAL INDUSTRY. Part 2

(Continued. For the beginning, see Ugol', 2021, No. 6, pp. 18-22)

Authors

Zhdaneev O.V.¹, Oleneva O.N.¹

¹ FSBO "Russian Energy Agency" (REA) by the Ministry of Energy of the Russian Federation, Moscow, 129085, Russian Federation

Authors Information

Zhdaneev O.V., к PhD (Physical and Mathematical), Head of Competence Center for Technology Development of Fuel & Energy Sector, e-mail: Zhdaneev@rosenergo.gov.ru

Oleneva O.N., Project Director of Industry Technology department of Competence Center for Technology Development of Fuel & Energy Sector, e-mail: Oleneva@rosenergo.gov.ru

Abstract

This paper is a follow-up to the paper entitled "Priority trends in development of Russian software for coal industry. Part 1", which presents a justification for the introduction of Russian software products in order to manage the risks relevant

to the coal industry in the Russian Federation. This part features an analysis of global and domestic technological trends in the coal industry. A study was carried out, based on the results of which the Ministry of Energy of the Russian Federation approved the list of areas for the development of dedicated software for the coal industry. By assessing the directions according to economic and functional criteria, the systems of manless coal mining, simulation modeling of mining operations, control systems of coal preparation processes, geological 3D-modeling of the deposit and planning of mining operations, as well as software for calculation and design of drilling and blasting operations were identified as priorities. The results of this research can be used by specialists of coal mining companies and academic institutes involved in the development of domestic software for the needs of the industry.

ECONOMIC OF MINING

Keywords

Dedicated software, Technological development, Support measures, Import substitution, Risks, Digital economy, Localization.

References

- Zholmagambetov T. Digitalization of production: the next stage to increase productivity in mining industry. *Gorno-metallurgicheskaya promyshlennost'*, 2018, (2), pp. 44-45. (In Russ.).
- Yang K., Mia L., Duan Z. et al. Online map service technology and application of coal geological cloud. *International Journal of Coal Science & Technology*, 2020, Vol. 7(4), pp. 1674–1803.
- Mao S. Development of coal geological information technologies in China. *International Journal of Coal Science & Technology*, 2020, (7), pp. 320–328. DOI: 10.1007/s40789-020-00340-1.
- Wua Y., Chenb M., Wangb K. et al. A dynamic information platform for underground coal mine safety based on internet of things. *Safety Science*, 2019, (113), pp. 9-18.
- Construction week. Global mining giants pick autonomous trucks to cut costs. [Electronic resource]. Available at: <https://www.constructionweekonline.com/products-services/169830-autonomous-trucks-vehicles-and-machines-show-benefits-for-worlds-largest-mining-companies%23> (accessed 15.06.2021).
- Mining technology analysis. Mining robots: Rio Tinto doubles down on autonomous drilling. [Electronic resource]. Available at: <https://www.mining-technology.com/features/mining-robots-rio-tinto-doubles-autonomous-drilling/> (accessed 15.06.2021).
- Fekete J.A. Big data in mining operation. Master's thesis. Copenhagen Business School, 2015. [Electronic resource]. Available at: https://research-api.cbs.dk/ws/portalfiles/portal/58415524/jonatan_adam_fekete.pdf (accessed 15.06.2021).
- Gao H. Coal Mine Geology Digitization Management System Development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020, (565). DOI: 10.1088/1755-1315/565/1/012021.
- Mao S., Cui J., Linghu J. et al. System design and key technology of transparent mine management control platform. *Journal of the China Coal Society*, 2018, Vol. 3(12).
- Vale deploys the Integrated Operations Center in Minas Gerais. [Electronic resource]. Available at: <http://www.vale.com/brasil/EN/aboutvale/news/Pages/vale-implanta-centro-operacoes-integradas-minas-gerais1107-1466.aspx> (accessed 15.06.2021).
- Polenov D.Yu. Analysis and forecast of coal market conditions. *Rossiyskiy ekonomicheskij Internet-zhurnal*, 2016, (1), p. 29. (In Russ.).
- Zhdaneev O.V. Competence Center for technological development of the Fuel and Energy Complex of the Russian Energy Agency of the Ministry of Energy of Russian Federation. *Neftyanoe khozyaistvo*, 2020, (8), p. 11. (In Russ.).
- Vlasyuk L.I., Sizemov D.N. & Dmitrieva O.V. Strategic priorities in digital transformation of the coal industry. *Ekonomika v promyshlennosti*, 2020, Vol. 13(3), pp. 328-338. (In Russ.).

For citation

Zhdaneev O.V. & Oleneva O.N. Priority trends in the development of Russian software for the coal industry. Part 2. *Ugol'*, 2021, (7), pp. 13-19. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-7-13-19.

Paper info

Received March 24, 2021

Reviewed April 23, 2021

Accepted May 17, 2021