

НАПРАВЛЕНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТКАХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

С.Ж. Галиев^{1*}, Е.Т. Утешов^{1*}, Д.А. Галиев¹, Ж.С. Бексапин²

Институт горного дела им. Д.А.Кунаева РГП «НЦ КПМС» МИИР РК, г. Алматы, Казахстан,
ТОО «Qazakstan smart technology», г. Алматы, Казахстан,
email: seitgaligaliyev@mail.ru

Статья посвящена актуальной теме, в которой сочетаются проблемные вопросы энергоэффективности и низкоуглеродного развития горного производства. В ней раскрываются подходы и методические аспекты анализа и оценки энергоэффективности горных предприятий с открытым способом освоения месторождений твёрдых полезных ископаемых. В основе методологии лежит процессный подход, базирующийся на процессах цифровизации, развития информационных технологий и соответствующего программно - методического обеспечения с применением эффективного для решения данного рода задач метода имитационного моделирования. В статье раскрываются результаты проведения комплексных технико - технологических и энерго- аудитов, позволяющих выявлять реальный потенциал повышения энергоэффективности и направления его реализации с последующей выработкой комплекса конкретных мер в данном направлении. Одними из основных выводов является вывод о наличии существенно потенциала повышения энергоэффективности (10-15%) и обоснование необходимости формирования на горных предприятиях автоматизированных систем энерго- и экологического мониторинга, позволяющих, с одной стороны, своевременно и целенаправленно вырабатывать оперативные управленческие меры, а с другой, повысить эффективность реализации принципа экологичности и безопасности в процессе технологической модернизации горных производств.

Ключевые слова: Открытые горные работы, геотехнологический комплекс, экологические выбросы, энергоэффективность, энергосбережение, экономика, оптимизация, автоматизация.

ПАЙДАЛЫ ҚАЗБАЛАР КЕН ОРЫНДАРЫН АШЫҚ ИГЕРУДЕГІ ЭНЕРГИЯ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРАУ БАҒЫТТАРЫ

С.Ж. Галиев^{1*}, Е.Т. Утешов¹, Д.А. Галиев¹, Ж. С. Бексапин²

Д. А. Қонаев атындағы Тау-кен институты. Д. А. Қонаева ҚР ИИДМ
"КПМС ҰО" РМК, Алматы қ., Қазақстан, "Qazakstan smart technology" ЖШС, Алматы қ., Қазақстан,
e-mail: seitgaligaliyev@mail.ru

Мақала энергия тиімділігі мен тау-кен өндірісінің төмен көміртекті дамуының проблемалық мәселелерін біріктіретін өзекті тақырыпқа арналған. Онда қатты пайдалы қазбалар кен орындарын игерудің ашық тәсілімен тау-кен кәсіпорындарының энергия тиімділігін талдау мен бағалаудың тәсілдері мен әдістемелік аспектілері ашылады. Әдістеме цифрландыру, ақпараттық технологияларды дамыту және осы типтегі міндеттерді шешуде тиімді модельдеу әдісін қолдана отырып, тиісті бағдарламалық-әдістемелік қамтамасыз ету процесстеріне негізделген процесстік тәсілге негізделген. Мақалада энергия тиімділігін арттырудың нақты әлеуетін және оны іске асыру бағытын анықтауға мүмкіндік беретін кешенді техникалық-технологиялық және энергетикалық аудиттерді жүргізу нәтижелері, содан кейін осы бағытта нақты шаралар кешені әзірленеді. Негізгі тұжырымдардың бірі-энергия тиімділігін арттырудың айтарлықтай әлеуетінің болуы туралы қорытынды (10-15%) және негіздеме.

Түйінді сөздер: Ашық тау-кен жұмыстары, геотехнологиялық кешен, экологиялық шығарындылар, энергия тиімділігі, энергия үнемдеу, экономика, оңтайландыру, автоматтандыру.

DIRECTIONS OF ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT IN OPEN PIT MINING OF MINERAL DEPOSITS

S.Zh. Galiev^{1*}, E.T. Uteshov¹, D.A. Galiev¹, Zh.S Beksapin²

Mining Institute after D.A. Kunayev of RSE "NC KPMC" MIIR RK, Almaty, Kazakhstan, Almaty,
Kazakhstan, Qazakstan smart technology" LLP, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: seitgaligaliyev@mail.ru

The article is devoted to the actual topic, which combines the problematic issues of energy efficiency and low-carbon development of mining production. It reveals the approaches and methodological aspects of the analysis and assessment of energy efficiency of mining enterprises with the open-pit method of development of deposits of solid minerals. The methodology is based on the process approach based on the processes of digitalization, development of information technologies and corresponding software and methodological support with the use of simulation modeling method effective for solving this kind of problems. The article reveals the results of comprehensive technical and technological and energy audits, which allow to identify the real potential of energy efficiency and areas of its implementation with the subsequent development of a set of specific measures in this direction. One of the main conclusions is the conclusion that there is a significant potential to increase energy efficiency (10-15%) and the rationale for the need to form automated energy and environmental monitoring systems at mining enterprises, allowing, on the one hand, timely and targeted development of operational management measures, and on the other hand, to improve the effectiveness of the principle of environmental and safety in the process of technological modernization of mining production.

Keywords: open-pit mining, geotechnological complex, environmental emissions, energy efficiency, energy conservation, economy, optimization, automation.

Введение. Вопросы энергоэффективности традиционно имеют высокую актуальность, которая в последние десятилетия усиливается проблемами экологии и глобального потепления. Эти вопросы становятся центральной темой ежегодных глобальных форумов, проходящих с участием правительственных делегаций стран мира. Казахстан в этом плане присоединился к международным инициативам приняв Указом Президента Республики Казахстан от 2 февраля 2023 года за № 121 Стратегию достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года. Для Казахстана проблема энергоэффективности актуальна и в связи с тем, что основным источником энергии в стране является уголь. Практически всё промышленное производство страны подпадает под экологические санкции, выдвигаемые международным сообществом, и проблема снижения экологических выбросов жёстко коррелирует с задачами повышения энергоэффективности. Особенно жёстко данный вопрос стоит перед горнодобывающей отраслью экономики, являющейся одной из самых энергозатратных, а также и одним из крупнейших загрязнителей окружающей среды.

По результатам ряда проведённых исследований, очевиден существенный потенциал повышения энергоэффективности, реализация которого сопряжена со снижением себестоимости горнотранспортных работ в среднем на 10-15%. Для Казахстана это принципиально важно не только по экономическим аспектам, но также в связи с повышением рентабельности освоения отечественной минерально-сырьевой базы и выполнением принятых международных обязательств о снижении выбросов к 2030 г. на 15% относительно уровня выбросов 1990 г. (безусловная цель) и доведение сокращения на 25 % при условии получения международной поддержки на декарбонизацию экономики (условная цель) [1].

Для Казахстана достижение углеродной нейтраль-

ности является достаточно амбициозной задачей, которую планируется достичь через реализацию инициатив по трем ключевым направлениям, одно из которых - декарбонизация отраслей и процессов, связанных с ископаемым топливом [2]. При этом, выбросы парниковые газы, связанные с ископаемым топливом, будут сокращены посредством перехода от использования ископаемого топлива и его производных к альтернативным и возобновляемым источникам энергии, путём повышения энергоэффективности и энергосбережения, взятием курса на дальнейшую электрификацию (замены установок, сжигающих топливо, на технологии, работающие на основе электроэнергии).

Потенциал повышения энергоэффективности и достижения углеродной нейтральности в горнодобывающей отрасли Казахстана:

По данным казахстанской статистики на современном этапе 86,6% выбросов в РК приходится на промышленность, в т.ч. на горнодобывающую - 53,45% (11, 2 млн. тонн в год). Энергоемкость продукции ГМК превышает аналогичный показатель ОЭСР более чем в 2 раза. Наибольшие выбросы и расход топлива приходится на автотранспорт. В общем объеме производственных затрат ГМК, расходы на дизельное топливо и электроэнергию составляют около 50%.

Если проанализировать возможные направления повышения энергоэффективности и снижения углеродоёмкости горного производства, то их можно сформулировать следующим образом:

- за счёт оптимизации производственных и технологических процессов - потенциал до 15% с достижением экономических эффектов в виде снижения себестоимости горнотранспортных работ до 10-15%/год при попутном повышении технологической культуры;
- перевод автотранспорта на газодизельные двигатели - снижение до 25-30% экологических выбросов, сопровождающееся аналогичным где-то сни-

жением себестоимости горнотранспортных работ;

- адаптация транспортной инфраструктуры и структуры энергосетей со структурой минерально-сырьевой базы Республики Казахстан - потенциал снижения объёмов выбросов CO₂ и снижения себестоимости около 5-10%;

- разработка технологий снижения (декарбонизация) выбросов загрязняющих веществ (УХУ): улавливание до 90%, хранение и утилизация - до 100%);

- совершенствование технологий в рамках процесса технологической модернизации - долгосрочная перспектива с потенциалом до 100% (экскаваторно-конвейерные комплексы, скиповые подъёмники и др.);

- освоение технологий подземного скважинного выщелачивания (ПСВ) для освоения месторождений руд цветных и чёрных металлов - до 100%;

- комплексное освоение минерально-сырьевой базы Казахстана - помимо значительного снижения углеродоёмкости, снижение затрат на извлечение сокращается в разы;

- перевод системы энергообеспечения ГМК РК на альтернативные и возобновляемые источники (водород, солнечная и ветряная энергия, водные электростанции, урановое производство и атомные электростанции) - до 100% снижение углеродоёмкости;

- разработка нанотехнологий освоения месторождений полезных ископаемых - касается практически всей минерально-сырьевой базы - потенциал до 100%.

В приведенном перечне, первые два направления могут быть первоочередными, так как не требуют каких-либо особых дополнительных вливаний. Тут достаточно поддержки развития программно-методического обеспечения на основе пооперационной цифровизации и углубленной аналитики в рамках широко применяемых сегодня инструментов финансирования науки. С этой целью необходимо привлечение таких инструментов инновационно-индустриального развития и стимулирования технологической модернизации, как проведение комплексных технико-технологических аудитов и совершенствование энергоаудитов, что позволит своевременно и точно определять имеющийся потенциал, направления и меры по его своевременной реализации.

Материалы и методы - методология оценки энергоэффективности. Комплексный технико-технологический аудит проектных решений по формированию, а также эксплуатируемых геотехнологических комплексов осуществляется на основе системного подхода, при котором одним из ключевых факторов является адекватный учёт процессности в управлении горнотранспортными

работами. В свою очередь, этот подход основывается и реализуется в рамках теории и методологии модернизации, индустриализации и технологической модернизации [3-4].

Рассматриваемый подход предполагает использование наиболее эффективного на данном направлении метода имитационного логико-статистического моделирования, обеспечивающего достоверное воспроизведение порядка и последовательности основных технологических и организационно-экономических операций в конкретных горнотехнических, горно-геологических, горно-геометрических, организационных и экономических условиях. В настоящее время данный подход и метод уже более 40 лет широко применяются для технико-экономического анализа эффективности функционирования геотехнологических комплексов на открытых разработках с использованием циклических технологий с автомобильным, железнодорожным и комбинированным автомобильно-железнодорожным видами транспорта горной массы.

Основной целью комплексного технико-технологического аудита является оценка эффективности, включая энергоэффективность, функционирования геотехнологического комплекса, выявление имеющегося потенциала, направлений и установления мер по его реализации.

В случае рассмотрения геотехнологического комплекса с применением автотранспорта, основными элементами его, как системы, являются карьерная автотрасса, экскаваторный и автомобильный парки, геометрия карьерного пространства, принятые на предприятии организационные меры и нормативы. По автотрассе адекватно учитываются её структура со всеми технологическими особенностями и фактического расположения блок-участков в карьерном пространстве, их геометрия (уклон, протяжённость, криволинейность) и качество применяемого дорожного покрытия, а также затраты на их формирование и поддержание в рабочем состоянии. По экскаваторному и автомобильному парку достоверному учёту подлежат основные паспортные технико-технологические характеристики (ёмкость кузова и ковша, КПД трансмиссии и двигателей, их мощностные характеристики, сроки эксплуатации и принятые нормативы по эксплуатации), модели и число работающего и списочного парков, а также их стоимостные характеристики (остаточная стоимость, цены, нормы амортизации). Параметры принципиальных характеристик карьерного пространства учитываются благодаря использованию графических документов, полученных с использованием специализированной программы AutoCAD.

Одним из важнейших направлений комплексного технико-технологического аудита является оценка его энергоэффективности. Энергоёмкость основных технологических процессов при освоении месторождений твёрдых полезных ископаемых открытым способом и с применением циклических технологий добычи занимает в среднем 60-70 % в общей себестоимости горнотранспортных работ.

При заданных технологиях освоения месторождений, когда определены направления и порядок ведения добычных и вскрышных работ, основные направления поиска потенциала снижения энергоёмкости технологических процессов связаны с соответствующим выбором моделей основного горного и транспортного оборудования, режимом и условиями их эксплуатации [5-11].



Рис. 1 - Концепция энергосбережения на открытых разработках

В свою очередь, исследование режимов эксплуатации основного горного и транспортного оборудования требует соответствующих методов и подходов, позволяющих вести адекватный учёт основных влияющих на результативность работы горнотранспортного комплекса факторов, как это показано на рисунке 1. Это позволяет оценивать энергоэффективность исходя из адекватного учёта пооперационного расхода энергии и характера интеграции этих долей энергии в формирующиеся энергопотоки технологического процесса в целом. Энергоэффективность предполагает не только простое снижение энергорасхода, а прежде всего в увязке с общей эффективностью функционирования геотехнологического комплекса, которая оценивается с применением комплекса технико-экономических критериев. В связи с этим, принципиально важным в процессе анализа и оценки энергоэффективности исследуемых технологических процессов основываться на адекватном учёте пооперационных затрат горнотранспортного процесса и технического состояния машин. Одним из принципиальных показателей в этом плане является КПД двигателя автосамосвала, который имеет зависимость своего значения от возраста эксплуатируемых машин (см. рис.2). Это позволяет

достоверно оценивать экономическую эффективность энергорасхода, способность энергии к обеспечению повышенной производительности, а, следовательно, устанавливать уровень его целесообразности. Для этих целей применяется методология экономики процессного управления.



Рис. 2 - Зависимость КПД двигателя автосамосвала от срока эксплуатации

Другим важным моментом в применяемом подходе является адекватный динамический подход к учёту энергорасхода автосамосвалами в зависимости от паспортных тяговых характеристик двигателей и трансмиссии машин (см. рисунок 3), позволяющих воспроизводить реальную процессную

взаимосвязь в динамике скорости движения автосамосвала и энергорасхода в зависимости от режима и условий их эксплуатации - качества дорожного покрытия, геометрия по участкам автотрассы, техническое состояние и режим загрузки автосамосвалов (вровень, «с шапкой», «без шапки»).

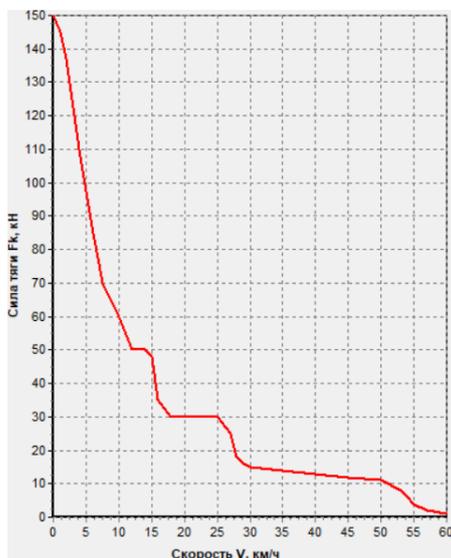


Рис. 3 - Тяговые характеристики автосамосвалов БелАЗ-7540

По специализированным карьерным автосамосвалам тяговые характеристики являются паспортными, полученные заводом изготовителем, а по автосамосвалам не специализированным они были получены путём перевода из имеющейся формы отражения тяговых характеристик (часто в место тяговых усилий указываются обороты двигателя).

Данный способ учёта энергорасхода является наиболее достоверным и обеспечивает адекватную чувствительность к изменениям всех обозначенных принципиальных факторов, обуславливающих энергорасход. Тяговые характеристики вшиты в модели автосамосвалов и своевременно используются алгоритмом в процессе моделирования.

По погрузочному оборудованию, учёт энергорасхода (электричество, дизельное топливо) осуществляется в зависимости от КПД двигателя, времени циклов, ёмкости ковша и плотности экскавируемых горных пород с учётом соответствующего коэффициента разрыхления.

Для адекватного учёта энергорасходов на участках транспортных коммуникаций необходимо достоверное воспроизведение их структуры и характеристик качественных и технологических, как это показано на рисунке 4. С этой целью используется план (фактический или проект) горных работ, выполненный в AutoCAD либо полученный с использованием широко ныне используемых летательных аппаратов дронов, которые позволяют с максимальной точностью воспроизводить на имитационных цифровых моделях в трёхмерном пространстве горно-геометрические параметры. С планов горных работ и из пояснительных записок по ним берутся необходимые организационные и технико-технологические характеристики по ним. Это позволяет точно позиционировать в карьерном пространстве все имеющиеся пункты погрузки-выгрузки и перегрузки горной массы, а следовательно, адекватно учитывать структуры формируемых рудо- и породопотоков.

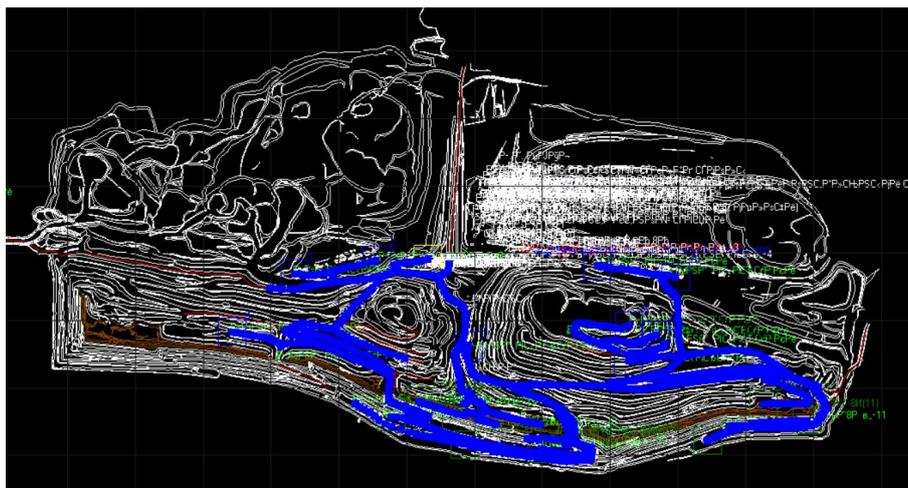


Рис. 4 - План разреза «Центральный» с встроенной структурой модели горнотранспортного комплекса

Таким образом, проведение комплекса исследований предполагается на основе системного подхода с применением методологии имитационного моделирования исследуемых горнотранспортных процессов, обеспечивающих адекватный учёт порядка и последовательности операций основных технологических процессов с достоверным учётом конкретных горнотехнических, горно-геометрических, горно-геологических, организационных и экономических условий функционирования основного технологического комплекса разрезов [6-10].

Применяемая в процессе имитационного моделирования и исследований методология формирования экономико-математических моделей обеспечивает адекватный учёт порядка и последовательности пооперационных затрат на поддержание работы горнотранспортного комплекса.

Одно из достоинств применяемого подхода заклю-

чается в практически достоверном учёте общего режима и календаря эксплуатации горнотранспортных комплексов разрезов, что имеет принципиальное значение для обеспечения точности основных технико-экономических расчётов и эффективности комплекса предлагаемых мер.

Результаты и обсуждение - направления повышения эффективности.

Возможные в рамках данного направления повышения энергоэффективности под направления можно увидеть по таблице 1, где на примере одного из исследуемых объектов, среди с общепроизводственных мероприятий, наибольшую долю (до 90%) имеющегося потенциала имеют улучшение качества покрытия внутрикарьерных дорог, внедрение автоматизированной системы мониторинга энергозатрат, и оптимизации парка автосамосвалов, а также режимов и условий их эксплуатации.

Таблица 1 - План энергосберегающих мероприятий по предприятию

№ п/п	Наименование мероприятий	Затраты, тыс. тенге	Годовая экономия топливно-энергетических ресурсов	
			в натуральном выражении, т.у.т.	в стоимостном выражении, тыс. тенге
1	Замена деревянных окон на металлопластиковые, энергосберегающие окна	86954	114,17	539,52
2	Установка ПВХ завес на воротах	5401,1	319,27	1508,69
3	Применение низкоэмиссионных пленок на окнах	16210,9	219,62	889,72
4	Установка теплоотражающих экранов на стенах за приборами отопления	228,78	11,37	53,74
5	Замена неизолированного провода типа А и АС ВЛ 0,4 кВ на провод типа СИП	35811,43	30,37	6557,7
6	Замена устаревших трансформаторов типа ТМ на энергоэффективные трансформаторы типа ТМГ-12 и переустановка существующих КТП с учетом загрузки трансформаторов	2527,05	3,7	511,63
7	Замена освещения на светодиодное освещение	70 956,92	131,6	18 182,95
8	Внедрение устройств компенсации реактивной мощности (УКРМ)	4688	28,4	4034,39
9	Улучшение качества покрытия внутрикарьерных дорог	8 420,00	330,22	303 480,00
10	Внедрение системы мониторинга энергоэффективности внутрикарьерных автомобильных дорог на разрезах предприятия	15000		

11	Оптимизация парка автосамосвалов по разрезам «Центральный» и «Западный».	5 477 000	3760,9	1832588,54
12	Установка гозобалонного оборудования для автотранспорта бензиновым двигателем	5 600	13,1	9 355,80
Итого		5 728 798,18	4 962,72	2 177 702,68

Основными направлениями повышения эффективности и снижения себестоимости горнотранспортных работ определены такие, как повышение эффективности мониторинга горнотранспортных работ, оптимизация парка автосамосвалов и мероприятия организационного характера. При этом потенциал снижения энергоёмкости горнотранспортного процесса за счёт улучшения качества внутрикарьерных дорог не рассматривался в связи с особенностями дальнейшей технологической переработки рудной массы и кратковременным характером ведения горных работ в карьерной зоне. По установленным направлениям комплекс предлагаемых мер позволяет снизить удельную себестоимость 1 м³ извлекаемой горной массы с ба-

зового уровня в среднем на 15-20% и более. При этом общий экономический эффект максимально может достигать от 0,5 до 2,5 млн. в год.

Другим, важным направлением Стратегии достижения низкоуглеродной нейтральности Казахстана, как и многих других горнодобывающих стран может и должна стать дальнейшая электрификация горнотранспортных работ. Одним из наглядных примеров реальной перспективности этого направления являются результаты исследования перспектив применения двух вариантов горнотранспортного комплекса на одном из железорудных карьеров Казахстана, как это представлено в таблице 2.

Таблица 2 - Сравнение эффективности горнотранспортных систем с автомобильным и комбинированным автомобильно-железнодорожным транспортом

ПП/П	Варианты	Удельная себестоимость, тг/ м ³ .	Объёмы перевозок, тыс. м ³ .	Экономический эффект, млн. тг./год	Примечание
I. Существующая горнотранспортная система					
11.1.	ЭАК	227,84	5839	-	7 и 9 а.с. и 10 из 12 л.с. Не выполнение плана.
11.2.	ЭЖК	180,01	7252	-	
11.3.	ГТК	356,80	7525	-	
II. ГТСК с заменой Ж.Д.Т. на автомобильный					
22.1.	ЭАК	277,6	14828	-	+16 БелАЗов.
22.2.	ЭЖК	157,06	948	-	Ж.д. только на
22.3.	ГТК	287,64	14828	+1025	участке склад-фабрика.
III. ГТСК с принятыми мерами по организации авто- и ж.д. транспорта					
33.1.	ЭАК (9 БелАЗ)	186,30	7913		Устранение одно-полосных участков на дорогах. Увеличение затрат на поддержание ж.д. путей в 1,5 раза, строительство дополнительных путей, перенос ПТО.
33.2.	ЭЖК (12 л.с.)	97,85	12551		
33.3.	ГТК	215,31	12551	+1776	

Из представленного в таблице 2 следует, что вариант горнотранспортного комплекса с комбинированным автомобильно-железнодорожным транспортом в более чем в 1,5 раза эффективнее по себестоимости горнотранспортных работ, более эффективен в плане производительности и в существенной мере экологичнее по сравнению с вариантом, где единственным видом транспорта является автотранспорт.

Наибольшие эффекты снижения себестоимости связаны с оптимизацией режимов загрузки и технического состояния автотранспорта.

Из организационных моментов, целесообразно более обоснованно рассматривать на предприятиях вопрос предоставления на аутсорсинг горнотранспортных работ субподрядным организациям.

Выводы. Результаты проведенных в ходе комплексного технико-технологического аудита исследований эффективности функционирования геотехнологических комплексов разрезов и карьеров, показали, что при достаточно качественно организованной инфраструктуре, включая структуру и качество второстепенных автомобильных до-

рог в отведённой промышленной зоне, на предприятии имеется существенный потенциал повышения эффективности и снижения себестоимости горнотранспортных работ.

Эффективная реализация определённого комплекса мер, обеспечивающих повышение эффективности функционирования геотехнологических комплексов предприятия и снижения себестоимости горнотранспортных работ карьеров, может быть обеспечена посредством повышения эффективности углубленного (пооперационного) мониторинга горнотранспортных работ, повышением качества управления горнотранспортными работами посредством более качественной реализации таких функций, как учёт и контроль, стимулирование, регулирование, нормирование, планирование и организация.

Одним из эффективных инструментов управления и повышения энергоэффективности горнотранспортных работ на открытых разработках является внедрение на предприятии единых автоматизированных корпоративных систем управления геотехнологическими комплексами.

Литература

1. Стратегии достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года/Указ Президента Республики Казахстан от 2 февраля 2023 года № 121.
2. Закон Республики Казахстан от 27 декабря 2021 г. № 86-VII - «О промышленной политике».
3. Мэтт Ридли Эволюция всего. Перевод на русский Мосоловой Т.П.- Издательство «Э».2017.- 390 с.
4. Травин Д. Т65 Европейская модернизация: В 2 кн. Кн. 1. Д.Травин. О. Маргания. - М.: ООО "Издательство АСТ"; СПб: Terra Fantastica.- 2004. - 665, [7] с. - (Philosophy).
5. Декарбонизация добывающих отраслей экономики Республики Казахстан// Монография/Под ред. Академика НАН РК, д.г-м.н. С.Ж. Даукей. - Нур-Султан: Ви-ПРИНТ.- 2021.- 295 с. - ISBN 978-601-358-000-5.
6. Галиев С.Ж., Утешов Е.Т., Галиев Д.А. Цифровые технологии повышения энерго- эффективности горных предприятий// Цифровизация в энергетике: монография/ Ю.С. Валеева, Р.С. Зарипова, К.А. Сарыев, Н.А. Алланазаров, А.А. Матьякубов и др.; под науч. ред. И.Г. Ахметовой, Р.С. Зариповой, Ю.С. Валеевой. - Казань: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Казань. гос. энерг. ун-т Министерства науки и высшего образования РФ - 2022. - С.153-160.- ISBN 978-5-89873-621-7.
7. Отчёт о проведении комплексного энергоаудита эффективности работы горностранных - портных комплексов разрезов «Центральный» и «Западный» АО «Шубарколь-комир». - Караганда.- 2020.- 72 с.
8. Отчёт о проведении комплекса исследований и технико-технологического аудита эффективности работы геотехнологического комплекса карьера ТОО «Брендт».- Житикара.- 2021.- 91с.
9. Проведение комплекса исследований и технико-технологического аудита эффективности работы геотехнологического комплекса карьера ТОО «ГОК «Сарыарка-Көмір»/Отчёт о проведении научно - исследовательской работы. - Караганда.- 2023. -107 с.
10. Галиев С.Ж. Состояние и перспективные направления декарбонизации и повышения энергоэффективности горнодобывающих и горно-металлургических отраслей промышленности Казахстана/ Отраслевой журнал «Горно-металлургическая промышленность».- Астана. - 2021.- № 9-10 (146) - С.43-49.

11. Галиев С.Ж. Технологическая модернизация и промышленная политика в период модернизации Казахстана 3.0/ Журнал Казахского университета технологии и бизнеса «Вестник КазУТБ».- Астана, 2022.- № 3 (16) - С.65-75.

References

1. Strategies for achieving carbon neutrality of the Republic of Kazakhstan until 2060/Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated February 2.- 2023.- № 121.
2. The Law of the Republic of Kazakhstan dated December 27.- 2021 No. 86-VII -"On Industrial Policy".
3. Mett Ridley Evolution of Everything. Translated into Russian by Т.Р. Mosolova-Publishing House "E". - 2017.- 390 p.
4. Travin D. Т65 European modernization: In 2 books. Book 1. D.Travin. O. Marganiya. - М.: LLC "AST Publishing House"; St. Petersburg: Tegga Fantastica.- 2004. - 665, [7] p. - (Philosophy).
5. Decarbonization of extractive industries of the economy of the Republic of Kazakhstan// Monograph/Ed. Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Medical Sciences S.Zh. Daukey. - Nursultan: Bi-PRINT.- 2021.- 295 p. ISBN 978-601-358-000-5.
6. Galiev S.Zh., Uteshov E.T., Galiev D.A. Digital technologies to improve energy efficiency of mining enterprises. Digitalization in power engineering: monograph / Yu.S. Valeeva, R.S. Zaripova, K.A. Saryev, N.A. Allanazarov, A.A. Matyakubov, etc.; eds. by I.G. Akhmetova, R.S. Zaripova, Yu.S. Valeeva. - Kazan: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Kazan. state power. univ. of Ministry of Science and Higher Education - 2022. – P.153-160. –ISBN – 978-5-89873-627-7.
7. The report on comprehensive energy audit of the efficiency of mining and port complexes of Central and Zapadny open-pit mines of Shubarkol-Komir JSC. - Karaganda.- 2020.- 72 p.
8. Report on the complex of studies and technical and technological audit of the effectiveness of the geotechnological complex of the quarry ";Brendt"; LLP, Zhitikara.- 2021.- 91p.
9. Carrying out a complex of researches, technical and technological audit of efficiency of geotechnological complex of open pit LLP ";Saryarka-Komir"; / Report on the research work. - Karaganda. - 2023. -107 c.
10. Galiev S.Zh. Status and Perspective Directions of Decarbonization and Energy Efficiency Improvement of Mining and Metallurgical Industries of Kazakhstan/ Industry Journal ";Mining and Metallurgical Industry"; - Astana. - 2021.- № 9-10 (146) - С.43-49.
11. Galiev S.Zh. Technological modernization and industrial policy in the period of modernization of Kazakhstan 3.0/ Journal of Kazakh University of Technology and Business ";Vestnik KazUTB"; - Astana, 2022.- № 3 (16) - p.65-75.

Сведения об авторах:

- Галиев Сейтгали Жолдасович - д.т.н., профессор, член-корреспондент НАН РК, заведующий отделом горной системологии, филиал РГП «НЦ КПМС МИИР РК Институт горного дела им. Д.А.Кунаева, г. Алматы, Казахстан, e-mail: seitgaligaliyev@mail.ru
- Утешов Ержан Турсынович - доктор (Ph.D), заместитель директора по проектным работам, филиал РГП «НЦ КПМС МИИР РК Институт горного дела им. Д.А.Кунаева, г. Алматы, Казахстан, e-mail: yuteshov@gmail.com
- Галиев Данияр Айткалиевич - доктор (Ph.D), заведующий лабораторией Автоматизации отдела горной системологии, филиал РГП «НЦ КПМС МИИР РК Институт горного дела им. Д.А.Кунаева, г. Алматы, Казахстан, e-mail: danijr.3012986@mail.ru
- Бексапин Жаслан Сержанович - инженер программист-исследователь, ТОО «Qazakstan smart technology», г. Алматы, Казахстан, e-mail: beksapin@mail.ru

Information about authors

- Galiev Seitgali Zholdasovich - Doctor of Technical Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, head of the Mining Systemology Department, branch of RSE "NC KPMS MIIR RK Institute of Mining named after D.A. Kunaev, Almaty, Kazakhstan, e-mail: seitgaligaliyev@mail.ru

-
- Uteshov Yerzhan Tursynovich - doctor (Ph.D), deputy Director for Project Work, branch of RSE "NC KPMS MIIR RK Institute of Mining named after D.A. Kunaev, Almaty, Kazakhstan, e-mail: yuteshov@gmail.com
 - Galiev Daniyar Aitkalievich - doctor (Ph.D), head of the Automation Laboratory of the Mining Systemology Department, branch of RSE "NC KPMS MIIR RK Institute of Mining named after D.A. Kunaev, Almaty, Kazakhstan, e-mail: danijr.3012986@mail.ru
 - Beksapin Jaslan Serzhanovich - software engineer-researcher, Qazakstan smart technology LLP, Almaty, Kazakhstan, e-mail: beksapin@mail.ru