

МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ ПАРАМЕТРАМИ ГОРНТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ В ДИНАМИКЕ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ В ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ УСЛОВИЯХ РЫНКА

Гавришев С.Е.¹, Заляднов В.Ю.¹, Курочкин А.И.¹, Мельник В.В.², Пыталев И.А.¹

¹Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия

²Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия

Аннотация. Постановка задачи (актуальность работы). Длительный период разработки месторождений и постоянно меняющиеся рыночные условия приводят к необходимости пересмотра проектных и организационно-технологических решений, включая технико-экономическое обоснование новых кондиций, пересмотр объемов запасов, производительности, требований к качеству продукции, а также типов и моделей применяемых горных машин и оборудования. В связи с этим для действующих и проектируемых горных предприятий необходимо развитие научно-методической базы по определению параметров горнотехнической системы и управлению ими на этапе эксплуатации при комплексном преобразовании и освоении участка недр. Совершенствование методологии учета влияния внутренних и внешних факторов развития горнотехнических систем на динамику параметров открытой геотехнологии является актуальной научно-практической задачей, решение которой обеспечит устойчивое функционирование горнодобывающих предприятий в изменяющихся горнотехнических условиях и конъюнктуре минерально-сырьевого рынка. **Цель работы.** Разработка методики управления параметрами горнотехнической системы в динамике развития открытых горных работ для обеспечения устойчивого функционирования горнодобывающего предприятия в изменяющихся горно-геологических, горнотехнических условиях и конъюнктуре минерально-сырьевого рынка. **Используемые методы.** В данной работе использован комплексный подход к исследованию, который включает в себя: научное обобщение российского и зарубежного опыта повышения эффективности освоения недр с применением открытой геотехнологии; имитационное моделирование параметров горнотехнической системы; статистическую обработку результатов исследований; комплексный технико-экономический и структурно-функциональный анализ. **Результат.** Представлена методика управления параметрами горнотехнической системы, которая включает: анализ внешних и внутренних влияющих факторов; установление возможности изменения основных показателей системы и определение области их значений, обеспечивающих в сочетании повышение комплексности и эффективности освоения участка недр для конкретных горно-геологических и рыночных условий, с учетом территориального расположения предприятия; определение значений параметров системы, обеспечивающих в сочетании получение требуемых показателей; оценку сочетания параметров и показателей на основе определения доходности и среднеквадратичного отклонения; расчет интегрального показателя, по максимальному значению которого осуществляется выбор параметров.

Ключевые слова: устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия, товарная продукция горного предприятия, техногенные георесурсы, параметры горнотехнической системы

© Гавришев С.Е., Заляднов В.Ю., Курочкин А.И., Мельник В.В., Пыталев И.А., 2024

Для цитирования

Методика управления параметрами горнотехнической системы в динамике развития горных работ для обеспечения устойчивого функционирования горнодобывающего предприятия в изменяющихся условиях рынка / Гавришев С.Е., Заляднов В.Ю., Курочкин А.И., Мельник В.В., Пыталев И.А. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2024. Т. 22. №4. С. 5-14. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-4-5-14>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

METHOD OF MANAGING THE PARAMETERS OF A MINING SYSTEM IN THE DYNAMICS OF MINING OPERATIONS DEVELOPMENT TO ENSURE THE SUSTAINABLE FUNCTIONING OF A MINING ENTERPRISE IN CHANGING MARKET CONDITIONS

Gavrishev S.E.¹, Zalyadnov V.Yu.¹, Kurochkin A.I.¹, Melnik V.V.², Pytalev I.A.¹

¹Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia

²National University of Science and Technology MISIS, Moscow, Russia

Abstract. Problem Statement (Relevance). The long period of deposit development and constantly changing market conditions lead to the need to revise design and organizational-technological solutions, including the technical and economic justification of new conditions, revision of reserve volumes, productivity, product quality requirements, as well as types and models of used mining machines and equipment. In this regard, for existing and designed mining enterprises, it is necessary to develop a scientific and methodological base for determining the parameters of the mining engineering system and managing them at the stage of operation during the comprehensive transformation and development of a subsoil site. Improving the methodology for accounting for the influence of internal and external factors of the development of mining engineering systems on the dynamics of open geotechnology parameters is an urgent scientific and practical task, the solution of which will ensure the sustainable functioning of mining enterprises in changing mining engineering conditions and the mineral resource market situation. **Objectives.** Development of a methodology for managing the parameters of a mining and technical system in the dynamics of open-pit mining development to ensure the sustainable operation of a mining enterprise in changing mining and technical conditions and the situation on the mineral resource market is required. **Methods Applied.** This work uses a comprehensive approach to research, which includes: scientific generalization of Russian and foreign experience in increasing the efficiency of subsoil development using open geotechnology; simulation modeling of mining system parameters; statistical processing of research results; comprehensive technical, economic, and structural-functional analysis. **Result.** The article presents a methodology for managing the parameters of a mining engineering system, which includes: analysis of external and internal influencing factors; establishing the possibility of changing the main indicators of the system and determining the range of their values, which in combination ensure an increase in the complexity and efficiency of development of a subsoil area for specific mining, geological and market conditions, taking into account the territorial location of the enterprise; determining the values of the system parameters, which in combination ensure the receipt of the required indicators; assessing the combination of parameters and indicators based on determining profitability and standard deviation; calculating the integral indicator, according to the maximum value of which the selection of parameters is carried out.

Keywords: sustainability of the functioning of a mining enterprise, commercial products of a mining enterprise, man-made georesources, parameters of the mining technical system

For citation

Gavrishev S.E., Zalyadnov V.Yu., Kurochkin A.I., Melnik V.V., Pytalev I.A. Method of Managing the Parameters of a Mining System in the Dynamics of Mining Operations Development to Ensure the Sustainable Functioning of a Mining Enterprise in Changing Market Conditions. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University]. 2024, vol. 22, no. 4, pp. 5-14. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-4-5-14>

Введение

Открытые горные работы характеризуются постоянно усложняющимися горно-геологическими и горно-техническими условиями. Для компенсации негативных факторов внедряются передовые технологические решения в сфере проектирования, планирования и непосредственного ведения горных работ с периодическим преобразованием организации деятельности и изменением параметров разработки месторождений.

Разработка месторождений осуществляется на фоне высокой волатильности цен и спроса на производимое сырье и роста удельных затрат на разработку месторождений. Обеспечение эффективной работы горнодобывающего предприятия в современных

условиях достигается путем разворачивания новых конкурентоспособных производств (прежде всего для увеличения выпуска продукции и услуг, пользующихся стабильным спросом на рынке) на базе основного месторождения и участка недр, эксплуатируемого недропользователем. Реализация данного направления позволяет компенсировать возможные невысокие доходы по одному виду деятельности всего комплекса различных видов деятельности высокими доходами по другим и тем самым повысить комплексность и полноту освоения участка недр, а также увеличить срок существования самого предприятия [1]. Однако данные решения не являются для отрасли общепринятыми.

Динамика рыночных условий приводит к необходимости постоянного пересмотра проектных и организационно-технологических решений, обусловленных технико-экономическим обоснованием новых кондиций, изменением объемов запасов, производительности, качества продукции, а также типом и моделями применяемых горных машин. При этом анализ деятельности предприятий за последние десятилетия показал, что в некоторых случаях изменение параметров горнотехнической системы производилось с повышением издержек в краткосрочном периоде [2–5].

Эффективное функционирование горнотехнической системы с открытой геотехнологией при комплексном освоении участка недр в современных условиях определяется не только минерально-сырьевой базой месторождения, но и зависит от его территориального расположения относительно других промышленных и развитых районов нашей страны, уровня развития транспортной и социальной инфраструктуры, рынков сбыта и других влияющих внешних факторов, а также связанных с ними способами организации производства [6]. Современные горнодобывающие предприятия с открытой геотехнологией способны поставлять на рынок новые виды продукции с повышенной добавленной стоимостью, полученной в результате освоения недр, на основе разрабатываемого полезного ископаемого и вмещающих пород при целенаправленном повышении качества сырья и увеличении глубины их переработки, а также в виде техногенных георесурсов [7]. Кроме того, горнодобывающие предприятия, имея свой производственный потенциал, в регионах с развитой инфраструктурой, кроме основной деятельности, могут выполнять горнотехнические услуги для сторонних предприятий.

Главной причиной, сдерживающей реализацию стратегии расширения комплекса направлений производственной деятельности, является несовершенство существующего подхода к обоснованию параметров горнотехнической системы, который не учитывает их переоценку с учетом изменения внешних и внутренних факторов, а также принятия нетрадиционных решений, сопровождающихся увеличением затрат. Поскольку эффективность освоения участка недр традиционно связана с производственной мощностью, выбор параметров производится в основном именно с целью её развития, при этом срок отработки месторождения будет зависеть от объема балансовых запасов.

В настоящее время в научно-методической базе проектирования не предусмотрена возможность создания условий для расширения направлений комплекса производственной деятельности и номенклатуры продукции предприятий с открытой геотехнологией, отсутствуют требования к необходимости управления параметрами горнотехнической системы в динамике внешних и внутренних факторов развития системы.

Таким образом, для обеспечения устойчивого функционирования горнодобывающих предприятий в изменяющихся условиях разработки месторождений необходима методика управления параметрами гор-

нотехнической системы с их развитием одновременно в нескольких направлениях, соответствующих ресурсной базе лицензированного участка недр на основе гибкого изменения объема вовлекаемых в разработку запасов, производительности, качества и номенклатуры выпускаемой товарной продукции, в том числе с использованием техногенных георесурсов, выполнением горнотехнических услуг сторонним предприятиям.

Материалы и методы исследования

В рамках предлагаемой концепции определения структуры и значений параметров горнотехнической системы открытой геотехнологии предусмотрена поэтапная переоценка ее параметров и состояния – начального и планируемого на определенный момент времени. Устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия обеспечивается безубыточными переходами между этапами развития горнотехнической системы. При этом обеспечение безубыточности достигается снижением степени зависимости доходности предприятия от производственной мощности. Начальное состояние на этапе проектирования освоения месторождения или его участка характеризуется количественно-качественными показателями всех доступных для использования предприятием в обозримой перспективе имеющихся георесурсов с учетом его географического положения. Каждое последующее состояние этапа освоения участка недр оценивается количественным интегральным показателем горных возможностей, учитывающим получение экономического эффекта от развития параметров и показателей горнотехнической системы, которые связаны с комплексом направлений развиваемых видов деятельности.

Любое значимое для предприятия изменение внешних или внутренних факторов развития горнотехнической системы требует переоценки ранее принятых значений основных показателей и параметров горнотехнической системы. Расчет доходности и среднеквадратичного отклонения при действующих параметрах горнотехнической системы и сравнение их значений с другими расчетными вариантами позволяют недропользователю, в зависимости от его цели, определить необходимость и действия по изменению параметров и показателей системы [1]. При этом изменение параметров должно производиться системно и в определенной последовательности.

В работе устойчивое развитие и устойчивое функционирование рассматриваются как самостоятельные понятия.

Под устойчивым развитием понимается требование обеспечения текущих общественных потребностей в изменяющихся условиях без нарушения перспектив развития будущих поколений. С точки зрения философии в представленной формулировке обозначенный подход вполне оправдан. Однако исследования особенностей функционирования горнотехнических систем в изменяющихся внутренних и внешних факторах ее развития показал, что для повышения эф-

фektivности самих систем необходимо обеспечение безубыточного их функционирования на протяжении всего периода освоения участка недр. Это возможно за счет управления внутренними горнотехническими резервами в специфических условиях разработки природных месторождений и техногенных образований с учетом изменения горнотехнических, конъюнктурных и социально-экономических факторов внутренней и внешней среды [8, 9].

Отечественная горная промышленность во многом не отвечает глобальным динамичным изменениям, что связано с развитием минерально-сырьевой базы и усложняющимися условиями вовлечения природного и техногенного сырья в промышленную эксплуатацию. Это определяет необходимость разработки научно-методических основ устойчивого развития горнотехнических систем на базе установления закономерностей взаимодействия природных и инновационных технологических процессов в условиях интенсивного комплексного освоения недр Земли с использованием рациональной структуры, сочетания различных, в том числе нетрадиционных, геотехнологических процессов с заданными параметрами.

В данной работе под устойчивым функционированием горнотехнической системы открытой геотехнологии понимается ее способность обеспечивать комплексность и эффективность освоения участка недр с производством товарной продукции в течение неопределенно долгого периода времени в независимости от объема и качества запасов разрабатываемого месторождения в условиях постоянно изменяющихся факторов внешней и внутренней среды, достигающаяся в динамике развития открытых горных работ на основе системного и синхронизированного управления конструктивными, горнотехническими, геотехнологическими, геомеханическими и режимными параметрами. Такой комплекс реализуется, в частности, на основе целенаправленного развития многофункционального использования открытой геотехнологии с расширением ее сферы деятельности от комплексного освоения запасов месторождения полезного ископаемого до комплексного освоения целенаправленно преобразуемого участка недр и его инфраструктуры.

Главным условием расширения комплекса направлений производственной деятельности горнодобывающего предприятия является возможность организации структуры с различными источниками доходности, обеспечивающая устойчивое функционирование горнодобывающего предприятия.

Следует отметить, что обеспечение устойчивости функционирования предприятия в современных условиях, характеризующихся высокой волатильностью цен и спроса на производимое сырье и усложняющимися с каждым годом внутренними факторами недропользования, в настоящее время требует перехода горнотехнической системы к модели с возможностью гибкого изменения сочетания значений ее параметров и показателей. Для перехода системы в более устойчивое состояние в настоящее время за-

стью необходимо использование нетрадиционных подходов с реконструкциями, которые сопровождаются на определенном этапе повышением издержек. Эти издержки обусловлены необходимостью развития комплекса основных показателей системы, которые могут сопровождаться увеличением количества и качества технологических операций, выбором вариантов разработки с наибольшим коэффициентом вскрыши, снижением доли бестранспортной системы в пользу транспортной, кардинальным техническим перевооружением, подготовкой выработанных пространств карьеров и отвалов для дальнейшего использования в качестве емкости для складирования промышленных отходов или строительных полигонов, изменением инфраструктуры предприятия и выходом на рынок услуг. Такой подход можно описать формулой определения эффективности:

$$\mathcal{E} \uparrow = \frac{P \uparrow \uparrow}{Z \uparrow}, \quad (1)$$

где P – результативность или доходность предприятия, млн руб.;

Z – затраты, млн руб.;

\uparrow – знак увеличения показателя.

Представленная формула (1) показывает, что для повышения эффективности деятельности предприятия необходимо повышение результативности, которое достигается за счет инвестиций в развитие основных показателей системы.

Зачастую на предприятиях используется другая стратегия, которую можно описать формулой определения эффективности:

$$\mathcal{E} \uparrow = \frac{P}{Z \downarrow}, \quad (2)$$

где \downarrow – знак уменьшения показателя.

Подход, который представлен формулой (2), можно описать следующим образом. Для повышения эффективности предприятия используются решения по снижению затрат, а результативность при этом сохраняется на прежнем уровне. Такой подход является успешным в краткосрочной перспективе, когда имеются резервы по снижению затрат. Однако в условиях высокой динамики изменения внешних и внутренних факторов данный подход не имеет перспективы для развития горнотехнической системы.

Эффективность комплексного освоения участка недр и устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия предлагается определять разработанным автором статьи интегральным показателем горных возможностей. Разработанный показатель учитывает получение дополнительных доходов от изменения объема вовлекаемых в разработку запасов, производительности карьера, качества добываемого сырья и номенклатуры товарной продукции, включая техногенные георесурсы и выполнение услуг сторонним предприятиям в зависимости от внешних и внут-

ренных факторов развития горнотехнической системы. Расчет показателя производится на основе приведения доходности предприятия, в том числе получаемой от развития обозначенных направлений и видов деятельности, к сопоставимому по ценности объему добываемого полезного ископаемого. Отношение этого объема к производственной мощности предприятия определяет значение показателя [10].

Разработанный интегральный показатель горных возможностей [10]

$$K_{ГВ} = \frac{Q_{К\text{ФАКТ}} \left(1 + \frac{\sum_{i=1}^n (B_i - 3_i)}{B_{\text{ПН}} - 3_{\text{ПН}}} \right)}{P_{\text{М}}} \rightarrow \max, \quad (3)$$

где $P_{\text{М}}$ – производственная мощность горнодобывающего предприятия, млн т/год;

$Q_{К\text{ФАКТ}}$ – фактическая производительность карьера, млн т/год;

B_i – выручка от дополнительного направления или нового вида деятельности предприятия по развитию ключевых параметров и характеристик системы, руб.;

3_i – затраты на развитие дополнительного направления или нового вида деятельности предприятия;

$B_{\text{ПН}}$ – выручка от реализации балансовых запасов полезных ископаемых, руб.;

$3_{\text{ПН}}$ – затраты на освоение балансовых запасов полезных ископаемых, руб.;

n – количество новых видов деятельности горнодобывающего предприятия;

i – отдельное направление или вид дополнительной деятельности горнодобывающего предприятия.

Под управлением параметрами горнотехнической системы при комплексном освоении участка недр предлагается понимать процесс планирования, изменения и контроля основных показателей, параметров и функций горнотехнической системы с целью обеспечения устойчивости функционирования горнодобывающего предприятия в сложных горно-геологических, горнотехнических и рыночных условиях.

Систематизация параметров и показателей горнотехнической системы, определяющих развитие деятельности и устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия, представлена в таблице.

Таблица. Систематизация параметров и показателей горнотехнической системы, определяющих развитие деятельности и устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия

Table. Systematization of the mining engineering system parameters and indicators that determine the development of activities and the sustainability of a mining enterprise functioning

Элементы	Группа параметров	Параметры	Общие технические характеристики	Основные показатели
Горные конструкции	Геомеханические	Параметры прибортового и техногенного массивов (условия залегания и физико-механические свойства пород, трещиноватость массива, выветриваемость, упругость, пластичность, размокаемость пород)	Устойчивость горнотехнических сооружений (коэффициент запаса устойчивости, несущая способность, предельные напряжения)	Объем вовлекаемых в разработку запасов с требуемым качеством
	Конструктивные	Главные параметры карьера, параметры вскрытия и системы разработки (глубина карьера, высота и угол откоса рабочего и нерабочего борта карьера, ширина транспортных и предохранительных берм, длина фронта, уклон траншей, ширина рабочих площадок, высота и угол откоса складов и отвалов, объем карьера, емкость и площадь складов и отвалов)		
Технологические процессы	Режимные	Режим горных работ (распределение объема выемки полезного ископаемого, вскрыши и горной массы во времени и по глубине); режим работы предприятия и горнотранспортного оборудования (количество рабочих дней, смен, часов)	Коэффициент вскрыши (промышленный, эксплуатационный, контурный, текущий)	Производительность
	Геотехнологические	Параметры процессов подготовки, выемки, погрузки, транспортирования, складирования и отвалообразования (диаметр и сетка скважин, перебур, длина заряда, длина скважин, ширина отработываемого блока (панели), ширина заходки, количество забоев, ширина разгрузочных площадок, мощность разрабатываемых и отсыпаемых слоев горной массы, количество складов и отвалов, количество и объем грузопотоков); параметры цикличной, поточной и циклично-поточной технологии (доля цикличной и поточной выемки и транспортирования пород); параметры транспортной и бестранспортной технологии (доля транспортного и бестранспортного перемещения вскрыши); параметры технологии отвалообразования (доля внешнего и внутреннего отвалообразования)		
Оборудование	Горнотехнические	Параметры горнотранспортных комплексов оборудования (количество горнотранспортного оборудования, высота и глубина черпания, емкость ковша и производительность выемочного оборудования, грузоподъемность и производительность транспортных средств)	Интенсивность (скорость продвижения фронта, скорость углубки)	Номенклатура товарной продукции (на основе полезного ископаемого, в виде техногенных георесурсов, услуги)
			Концентрация горных работ и оборудования	
			Грузооборот	

Функциями горнотехнической системы, в зависимости от расположения участка недр относительно промышленных районов с развитой инфраструктурой, являются:

- освоение балансовых запасов полезного ископаемого;
- формирование и освоение техногенных георесурсов, включая техногенные ландшафты с заданными потребительскими характеристиками;
- создание производственной инфраструктуры с выполнением технологических процессов для собственного производства и сторонних предприятий или с привлечением подрядных организаций для снижения издержек.

Полученные результаты и их обсуждение

С целью обеспечения устойчивого функционирования горнодобывающего предприятия в изменяющихся условиях минерально-сырьевого рынка разработана методика управления параметрами горнотехнической системы. Методика включает в себя следующие основные позиции:

1. Определение цели недропользователя и необходимости обеспечения устойчивого функционирования горнотехнической системы – предполагает, что предприятие принимает для себя стратегию, предусматривающую развитие основных показателей системы с расширением комплекса направлений производственной деятельности и соответствующее изменение параметров горнотехнической системы.

2. Анализ внешних факторов – производится оценка текущей и перспективной цены на основное добываемое полезное ископаемое, а также спроса на продукцию предприятия с учетом рыночного тренда. Производится исследование рынка на предмет спроса и цены на вскрышные и вмещающие породы. В зависимости от расположения участка недр производится оценка потребности рынка в техногенных георесурсах, используемых в качестве строительных площадок, сооружений или емкостей. Производится оценка рынка услуг для привлечения подрядных организаций или для выполнения основных и вспомогательных технологических процессов открытой геотехнологии сторонним предприятиям. Анализ возможности использования инфраструктуры предприятия для нужд сторонних организаций.

3. Анализ внутренних факторов – анализируются текущие параметры и показатели горнотехнической системы. Анализируется себестоимость добычи полезного ископаемого для текущего положения параметров и показателей горнотехнической системы, изменение себестоимости добычи во времени и с глубиной, рассматривается перспектива изменения себестоимости с увеличением глубины ведения горных работ. Производится анализ периода разработки на основе остаточных балансовых запасов полезного ископаемого, а также с учетом пересмотра кондиций на сырье. Выполняется оценка качественных показате-

телей основного полезного ископаемого в текущем положении и в перспективе развития горных работ. Производится оценка издержек, связанных с накапливаемыми объемами техногенных объектов с определением доли формируемых техногенных месторождений и перспективы их дальнейшего освоения. Выполняется анализ внутрипроизводственных резервов в части использования горнотранспортного оборудования и персонала. Оценка готовности подразделений к выполнению технологических процессов для сторонних организаций без снижения эффективности собственного производства.

4. Производится оценка изменения факторов. Если факторы не изменились, то разработка месторождения производится по действующему проекту без изменения параметров горнотехнической системы.

5. Если изменились внешние или внутренние факторы развития горнотехнической системы, необходимо установление возможности изменения ее основных показателей и определение области их значений, обеспечивающих в сочетании повышение комплексности и эффективности освоения участка недр для конкретных горно-геологических и рыночных условий с учетом его территориального расположения. К основным показателям горнотехнической системы следует относить:

- объем вовлекаемых в разработку запасов полезного ископаемого;
- качество добываемого сырья;
- производительность;
- номенклатуру выпускаемой продукции.

Для обеспечения устойчивости функционирования предприятия возможно развитие одного или сразу нескольких основных показателей горнотехнической системы. При развитии комплекса показателей значение одного из них может быть меньше, чем при начальном состоянии системы. Это обуславливается повышением доходности от развития общего комплекса направлений производственной деятельности, достигающейся при определенной комбинации значений основных показателей.

Для анализируемых конкретных участков недр рассматриваются несколько достижимых значений производительности карьера и горного производства в целом, достижимых значений качественных показателей добываемого сырья для конкретных горно-геологических условий с учетом его ценности и востребованности на рынке. Рассматриваются варианты вовлечения дополнительных объемов полезного ископаемого, несмотря на имеющийся объем балансовых запасов. Дополнительное вовлечение запасов, кроме обеспечения ресурсной базы, в том числе рассматривается на предмет повышения качественных показателей или снижения себестоимости добычи на текущий момент времени.

Возможность повышения номенклатуры продукции горнодобывающего предприятия является одной из ключевых позиций в развитии основных показате-

лей горнотехнической системы. Расширение номенклатуры продукции рассматривается не только с позиции снижения себестоимости добычи основного полезного ископаемого, но в большей степени в качестве источника повышения доходности горнодобывающего предприятия. В работе предусматривается, что доходность от расширения номенклатуры продукции и комплексности освоения участков недр, располагаемых вблизи от промышленных районов с развитой инфраструктурой, в разы превышает доходность, получаемую только от освоения балансовых запасов. Повышение доходности за счет источников, не связанных с производственной мощностью предприятия, обеспечивает повышение устойчивости предприятия.

6. Для различных вариантов сочетания значений основных показателей горнотехнической системы определяется предполагаемая выручка V ; при реализации выбранного комплекса показателей. Далее производится ее сравнение с выручкой, получаемой от действующего комплекса значений показателей в данных конкретных рыночных условиях, а также с учетом перспективы развития предприятия. Предполагается, что при неблагоприятных условиях при действующем комплексе основных показателей выручка будет снижаться. Таким образом, для дальнейших расчетов рассматриваются только те комплексы сочетаний значений основных показателей, которые обеспечивают заданный уровень выручки, который будет равен или больше того значения, которое неприемлемо для собственника предприятия.

7. Производится определение значений параметров горнотехнической системы, обеспечивающих в сочетании получение основных показателей системы рассматриваемых комплексов направлений развития производственной деятельности. В результате рассматриваются различные значения следующих групп параметров: геомеханические, режимные, горнотехнические, конструктивные, геотехнологические. В результате оценки параметров горнотехнической системы образуются комплексы сочетаний значений выделенных групп параметров, которые обеспечивают получение требуемых значений основных показателей системы. Далее для образующихся комплексов значений выделенных групп параметров определяются общие технические характеристики системы, такие как устойчивость горнотехнических сооружений, коэффициент вскрыши, интенсивность, концентрация горных работ и оборудования, грузооборот. Выделяемые технические характеристики в целом определяют затраты выбранного комплекса направлений деятельности предприятия и некоторые технологические ограничения, связанные с безопасностью производ-

ства горных работ. При выборе значений параметров следует руководствоваться принципом и подходом определения эффективности производства, который описывается формулой (1).

8. Для комплексов значений выделенных групп параметров, обеспечивающих выполнение основных показателей, определяются затраты Z_{in} .

9. На основе экономико-математической модели оптимизации комплекса направлений деятельности горнодобывающего предприятия определяется доходность предприятия J_{cp} и среднее квадратичное отклонение R_p . В результате определяется область комплексов основных показателей и параметров горнотехнической системы, которые находятся в пределах заданного уровня среднее квадратичного отклонения от доходности [1].

10. Устойчивость функционирования горнодобывающего предприятия и, соответственно, окончательный выбор комплекса различных видов деятельности горнодобывающего предприятия и параметров разработки производится на основе разработанного интегрального показателя горных возможностей $K_{ГВ}$ (определяемый по формуле (3)). Критерием для выбора комплекса параметров и показателей горнотехнической системы является максимальное значение интегрального показателя горных возможностей $K_{ГВ}$ [10].

11. Непосредственно изменение параметров горнотехнической системы производится системно в следующей последовательности: 1) геомеханические; 2) режимные; 3) горнотехнические; 4) конструктивные; 5) геотехнологические.

Для реализации методики управления параметрами горнотехнической системы с использованием предложенной концепции обеспечения устойчивого функционирования предприятия разработана блок-схема алгоритма (рисунок).

Таким образом, для повышения устойчивости горнодобывающих предприятий на неопределенно долгий промежуток времени в современных условиях разработки месторождений необходимо управление параметрами горнотехнической системы с развитием одновременно нескольких различных направлений, соответствующих имеющейся ресурсной базе участка недр, включающих гибкое изменение объема вовлекаемых в разработку запасов, производительности, качества, ассортимента и номенклатуры выпускаемой продукции, в том числе на основе техногенных георесурсов, а также организацию выполнения технологических процессов открытой геотехнологии для других предприятий или привлечение подрядных организаций для снижения издержек.

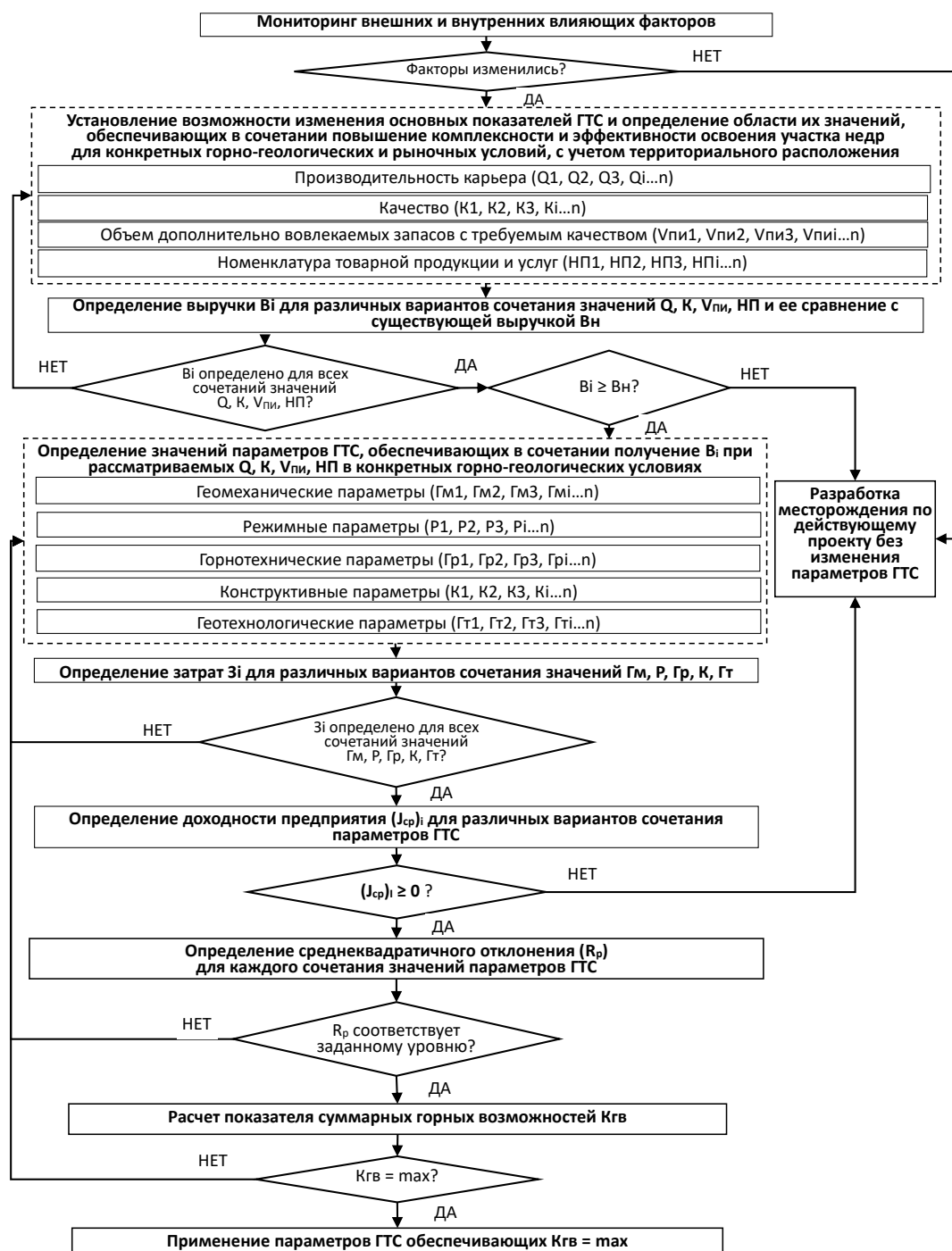


Рисунок. Блок-схема алгоритма методики управления параметрами горнотехнической системы для обеспечения устойчивого функционирования горнодобывающего предприятия в изменяющихся условиях рынка
 Figure. A flow chart of the algorithm of the methodology for controlling the parameters of a mining engineering system to ensure the sustainable operation of a mining enterprise in changing market conditions

Заключение

В результате анализа динамики параметров горнотехнических систем открытой геотехнологии установлено, что при разработке месторождений полезных ископаемых, характеризующейся постоянным усложнением горно-геологических и горнотехниче-

ских условий на фоне динамично меняющейся конъюнктуры рынка, необходимо периодическое изменение организационно-технологических решений и параметров техногенного преобразования и освоения участка недр для сохранения эффективности деятельности предприятия. Для компенсации негативных

факторов обеспечение эффективности горнодобывающего предприятия достигается развитием различных направлений освоения имеющейся и формируемой ресурсной базы участка недр, включающих повышение объема вовлекаемых в разработку георесурсов, производительности, качества и расширение номенклатуры выпускаемой товарной продукции.

Дано развитие научно-методических основ устойчивости функционирования горнодобывающих предприятий с открытой геотехнологией, базирующееся на повышении комплексности техногенного преобразования и освоения участка недр, которая зависит от структуры и динамики изменения параметров горнотехнической системы в быстро меняющихся условиях недропользования. Доказано, что эффективность и устойчивость функционирования современного горнодобывающего предприятия достигается формированием оптимального и сбалансированного в соответствии с уровнем доходности и затрат комплекса направлений производственной деятельности, учитывающей выпуск расширенной номенклатуры продукции и оказание горнотехнических услуг при использовании природных и техногенных георесурсов, с возможностью гибко изменять объемы их производства за счет заблаговременного формирования горных возможностей.

Список источников

1. Обоснование стратегии развития горнодобывающих предприятий на основе анализа доходности и риска при аутсорсинге и диверсификации / Заляднов В.Ю., Гавришев С.Е., Михайлова Г.В., Кадепов С.С., Коваленко Н.В. // Горная промышленность. 2021. № 4. С. 134-139. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-4-00-00.
2. Justification of Logistical System Development at Svetlinskiy Open-Pit Mine with Account for Potential Transition to Combined Open Cast and Underground Mining Methods / Rylnikova M.V., Strukov K.I., Berger R.V., Esina E.N. // Mining Industry Journal (Gornaya Promyshlennost). 2019, vol. 148. no.6, pp. 106-111.
3. Рыжов С.В., Рыльникова М.В. Обоснование структуры производственной мощности золотодобывающего предприятия на различных этапах развития открытых горных работ // Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2020. Вып. 1. С. 458-470.
4. Rakhmangulov A., Burmistrov K., Osintsev N. Selection of open-pit mining and technical system's sustainable development strategies based on MCDM // Sustainability. 2022. Т. 14. № 13. С. 8003.
5. Palka D., Stecula K. Concept of technology assessment in coal mining // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019, no. 261, 012038, pp. 1-8. DOI:10.1088/1755-1315/261/1/012038.
6. Условия и опыт формирования промышленных комплексов на базе угольных месторождений восточных регионов России / Ческидов В.И., Гаври-

лов В.Л., Резник А.В., Немова Н.А. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2023. Т. 21. №4. С. 13-22. <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2023-21-4-13-22>

7. Гавришев С.Е., Заляднов В.Ю., Пыталев И.А. Формирование и освоение техногенных георесурсов. Определение параметров карьеров и отвалов. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. 160 с.
8. Каплунов Д.Р., Рыльникова М.В. Развитие научно-методических основ устойчивости функционирования горнотехнических систем в условиях внедрения нового технологического уклада // Золото. Полиметаллы. XXI век: матер. II Всерос. научно-практ. конф. Пласт; Москва: ИПК ОН РАН, 2020. С. 9-10.
9. Рыльникова М.В. Условия и принципы устойчивого развития горнодобывающих предприятий в период повышенных рисков и глобальных вызовов // Горная промышленность. 2022. №3. С. 69-73.
10. Заляднов В.Ю. Оценка устойчивости функционирования горнотехнической системы открытой геотехнологии на основе интегрального показателя горных возможностей // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2024. Т. 22. №2. С. 5-13.

References

1. Zalyadnov V.Yu., Gavrishchev S.E., Mihailova G.V., Kaderov S.S., Kovalenko N.V. Justification of the development strategy of mining enterprises based on the analysis of profitability and risk in outsourcing and diversification. *Gornaya promyshlennost* [Mining Industry]. 2021;(4):134-139. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2021-4-134-139.
2. Rylnikova M.V., Strukov K.I., Berger R.V., Esina E.N. Justification of Logistical System Development at Svetlinskiy Open-Pit Mine with Account for Potential Transition to Combined Open Cast and Underground Mining Methods. *Gornaya promyshlennost* [Mining Industry], 2019;148(6):106-111. (In Russ.)
3. Ryzhov S.V., Rylnikova M.V. Justification of the structure of the production capacity of a gold mining enterprise at various stages of development of open-pit mining. *Izvestiya TulGU. Nauki o Zemle* [Proceedings of the Tula State University. Earth science], 2020;1:458-470. (In Russ.)
4. Rakhmangulov A., Burmistrov K., Osintsev N. Selection of open-pit mining and technical system's sustainable development strategies based on MCDM. *Sustainability*. 2022;14(13):8003.
5. Palka D., Stecula K. Concept of technology assessment in coal mining. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019;(261):012038. DOI:10.1088/1755-1315/261/1/012038.
6. Cheskidov V.I., Gavrilov V.L., Reznik A.V., Nemova N.A. Conditions and Experience of Establishing Industrial Complexes at Coal Deposits in the Eastern

- Regions of Russia. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2023;21(4):13-22. (In Russ.) <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2023-21-4-13-22>.
7. Gavrishov S.E., Zalyadnov V.Yu., Pytalev I.A. The formation and development of man-made georesources. Determination of parameters of open pits and dumps. Magnitogorsk: Nosov Magnitogorsk State Technical University, 2011. 160 p. (In Russ.)
 8. Kaplunov D.R., Rylnikova M.V. Development of scientific and methodological foundations for the sustainability of the functioning of mining systems in the context of the introduction of a new technological order. *Zoloto. Polimetally. XXI vek: materialy II Vseros. nauch.-prakt. Konf.* [Gold. Polymetals. XXI century. Proceedings of the II All-Russian Scientific and Practical Conference]. Plast; Moscow, 2020, pp. 9-10. (In Russ.)
 9. Rylnikova M.V. Conditions and principles of sustainable development of mining enterprises in the period of increased risks and global challenges. *Gornaya promyshlennost* [Mining industry], 2022;(3):69-73. (In Russ.)
 10. Zalyadnov V.Yu. Assessing Sustainability of the Operation of the Mining System of Open Geotechnology Based on an Integral Indicator of Mining Capabilities. *Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova* [Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University], 2024;22(2):5-13. (In Russ.)

Поступила 17.09.2024; принята к публикации 14.10.2024; опубликована 24.12.2024
Submitted 17/09/2024; revised 14/10/2024; published 24/12/2024

Гавришев Сергей Евгеньевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия.
Email: ormpi-cg@mail.ru. ORCID 0000-0001-8594-8463

Заляднов Вадим Юрьевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия.
Email: zalyadnov@mail.ru. ORCID 0000-0002-5730-1432

Курочкин Антон Иванович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой горных машин и транспортно-технологических комплексов, Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия.
Email: a.kurochkin@magtu.ru

Мельник Владимир Васильевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия.
Email: msmu-prpm@yandex.ru. ORCID 0000-0003-3571-7872

Пыгалев Иван Алексеевич – доктор технических наук, профессор, директор института горного дела и транспорта, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия.
Email: vehicle@list.ru. ORCID 0000-0002-5415-8079

Sergey E. Gavrishov – DrSc (Eng.), Professor, Head of the Department of Mineral Deposits Development, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia.
Email: ormpi-cg@mail.ru. ORCID 0000-0001-8594-8463

Vadim Yu. Zalyadnov – PhD (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mineral Deposits Development, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia.
Email: zalyadnov@mail.ru; ORCID 0000-0002-5730-1432

Anton I. Kurochkin – PhD (Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Mining Machines and Transport and Technological Complexes, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia.
Email: a.kurochkin@magtu.ru

Vladimir V. Melnik – DrSc (Eng.), Professor, Head of the Department, National University of Science and Technology MISIS, Moscow, Russia.
Email: msmu-prpm@yandex.ru. ORCID 0000-0003-3571-7872

Ivan A. Pytalev – DrSc (Eng.), Professor, Director of the Institute of Mining and Transportation, Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia.
Email: vehicle@list.ru. ORCID 0000-0002-5415-8079