

DOI: 10.26730/1999-4125-2017-5-56-62
УДК 622.272

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ОБОСНОВАНИЮ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

ANALYSIS OF MODERN APPROACHES TO THE JUSTIFICATION OF DESIGN SOLUTIONS BASED ON COMPUTER MODELING

Тупицын Александр Викторович,
аспирант, e-mail: alex.tupitsyn@mail.ru
Tupitsyn Aleksandr V., postgraduate

ВПО «Донецкий национальный технический университет», Украина, 83015, г. Донецк, ул. Артема, 58.
Donetsk National Technical University, 58 Artema street, Donetsk, 83015, Ukraine.

Аннотация. Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки методики принятия оптимальных вариантов развития горных работ на угольных шахтах.

Цель работы: Провести анализ нормативной и технической документации, используемой при работе угольных шахт. Рассмотреть теоретические и практические подходы к принятию решений по развитию горных работ на угольных шахтах. Рассмотреть способы работы со сложными структурами в других областях науки. Проанализировать современные подходы в проектировании горнодобывающих предприятий, в том числе программных продуктов, для выполнения различных решений по развитию горных работ.

Методы исследования: В работе проанализирована возможность использования методов структурно-функционального анализа, теории принятия решений, квалиметрии, экспертного прогнозирования, методы вариативного моделирования, методы системного анализа и др.

Результаты. На основании анализа подходов к обоснованию проектных решений по развитию горных работ на угольных шахтах выявлено отсутствие достаточного научного обоснования при прогнозировании горнотехнической и горно-геологической ситуации на шахте, что приводит к неэффективности использования горнодобывающего оборудования, снижению безопасности горных работ, перерасходу материалов и энергии и как следствие - повышению себестоимости добычи угля.

Выводы: Создание методики имитационного моделирования вариантов развития горных работ, способной отражать горно-геологическую и горнотехническую ситуацию предприятия и взаимосвязь между подсистемами шахты, способно решить поставленные задачи.

Abstract. The urgency of the work is due to the need to develop a methodology for the adoption of optimal options for the development of mining operations in coal mines.

The main aim of the study: To analyze the normative and technical documentation used in the operation of coal mines. To consider theoretical and practical approaches to making decisions on the development of mining operations in coal mines. Consider ways to work with complex structures in other fields of science. Analyze modern approaches in the design of mining enterprises, including software products, to implement various solutions for the development of mining operations.

The methods used in the study: The paper analyzes the possibility of using methods of structural and functional analysis, decision-making theory, qualimetry, expert forecasting, variational modeling methods, methods of system analysis, etc.

The results. Based on the analysis of approaches to the justification of design solutions for the development of mining operations in coal mines, the study has found that there is lack of sufficient scientific justification for forecasting the mining and mining and geological situation at the mine, leading to inefficient use of mining equipment, decrease in the safety of mining operations, over-consumption of materials and energy, and as the consequence - an increase in the cost of coal mining.

Conclusions: Development of the techniques for simulation modeling of mining development options that can reflect the mining and geological situation of the enterprise and the relationship between the subsystems of the mine, can solve the tasks set.

Ключевые слова: Угольная шахта, обоснование проектных решений, методы моделирования, варианты развития горных работ, современные подходы к проектированию горных работ.

Keywords: *Coal mine, justification of design decisions, modeling methods, mining development options, modern approaches to the design of mining operations.*

Горное предприятие является сложной технологической системой, которая состоит из множества подсистем, по своей природе отличающимися различными свойствами и строением природных и технологических объектов. Все эти особенности подсистем в течение времени непрерывно изменяются и системы могут переходить из одного состояния в другое. Различные подсистемы, в зависимости от назначения и объектов, которые их составляют, несут в себе определенную информацию, такую как [1]:

- геологическую;
- геометрическую;
- технико-технологическую;
- экологическую;
- нормативно-правовую.

Для того, чтобы сформировать целостную картину системы «шахта», необходимо увязать по определенным параметрам всю информацию, которой характеризуются подсистемы угольного предприятия. Только таким образом можно выбрать адекватный условиям вариант развития горных работ, который основан на анализе всей информации о подсистемах и звеньях шахты, развивающихся во времени и пространстве.

Для эффективной работы каждая шахта должна иметь утвержденную проектно-сметную, геолого-маркшейдерскую, производственно-техническую, санитарно-гигиеническую и учетно-контрольную документацию, а также ситуационный план поверхности с указанием всех объектов и сооружений в пределах шахтного отвода. Данные материалы должны выполняться в соответствии с нормативными инструкциями и определять едиными для отрасли сроками хранения.

Выполненный анализ всей технической документации горных предприятий позволил составить классификацию документации по видам работ:

- геологическая документация - характер залегания полезного ископаемого, характеристики вмещающих пород, виды геологических нарушений, планы горных работ;
- маркшейдерская документация - характер расположения горных выработок по залеганию полезного ископаемого, планы горных работ;
- паспорта ведения очистных работ - технология ведения очистных работ, расчет их параметров;
- паспорта ведения подготовительных работ - технология ведения подготовительных работ, расчет их параметров;
- вспомогательная горнотехническая документация - схема транспорта и расчет грузопотоков, схема размещения электрооборудования и электросетей, схема размещения средств связи, расчет распределения воздуха по горным выработкам,

схемы размещения средств пожаротушения, план ликвидации аварии.

Научно-технический прогресс – это объективный процесс, который глубоко укоренился в современном понимании и обосновании научных и технологических основ сегодняшнего мира. Более того, на данный момент, наука и технологии тесно переплетены друг с другом, что объясняется тем, что на данном этапе развития техносферы теория всегда стремится иметь программную реализацию.

В горном деле имеется достаточное количество различных программных продуктов, которые помогают выполнять ту или иную функцию работы горного предприятия. Применение компьютерных систем и разработка программного обеспечения дают возможность качественно нового решения сложных проблем горного производства и оформления документации всех технических служб горных предприятий.

Для получения конечной продукции необходима разработка паспортов на ведение очистных и подготовительных работ, планов ликвидации аварий, расчет схемы проветривания шахты, составление схемы вентиляции и ведения другой технической документации. В связи с этим, в структуре каждого добывающего предприятия (маркшейдерия, геология, техническая служба, вентиляция и др.) занято большое количество высококвалифицированных инженеров, которые занимаются рутинной работой по обработке обще-шахтной информации и составлением документации технологических процессов. На современном этапе компьютерных технологий их работа может быть достаточно упрощена и качественно улучшена при переводе расчетной и обрабатываемой части на вычислительные машины.

К принятию проектных решений на угольных шахтах существует множество теоретических подходов, которые основаны на переборе оптимальных вариантов технологии, техники, взаимосвязей и др. Все изобилие этих вариантов преследует единственную цель – добиться оптимизации технологической схемы шахты за счет динамического пересмотра проектных вариантов развития горных работ при постоянно меняющихся условиях на угольном предприятии.

По большому счету, ученые делали первые шаги создания компьютерных систем для моделирования проектных решений в горной промышленности еще в начале 60-х годов. Еще тогда перед учеными ставилась задача комплексного учета всех факторов, которые влияют на проектирование шахт и на их основе выбора наиболее оптимального плана развития горных работ с учетом технологических, горно-геологических, социальных и других особенностей.

Наиболее общие аспекты с различных сторон моделирования проектных решений с привлечением ЭВМ-техники и компьютеризированных систем раскрыли такие ученые, как М.И. Устинов, Л.А. Кафорин, А.С. Малкин, А.Г. Саламатин, Ю.О. Золотдинов, Ю.А. Богачев, А.Т. Березняк, А.И. Митейко и другие [2 - 8].

Еще в середине 1970-х годов перед учеными горной отрасли была поставлена задача в создании системы автоматизированного проектирования шахт (САПР-Уголь). Суть данной программы заключалась в создании совершенной методологии, которая должна отвечать современным требованиям, новым технологическим возможностям и тенденции к комплексному использованию недр. Данная система позволяла инженерно-техническим работникам автоматизировать свою работу за счет производства технико-экономических и сметных расчетов, процессов изготовления и размножения документации, создании типовых чертежей и т.д. Все эти мероприятия позволяли ускорить процесс проектирования, они создали предпосылки для создания информационно-поисковых систем.

САПР в свою очередь состоит из подсистем, которые могут быть проектирующими и обслуживающими:

- Функциональная часть выполняет проектные операции и процедуры;
- Обеспечивающая часть включает лингвистическое, техническое, программное, информационное, методическое и организационное обеспечение.
- Техническое обеспечение – технические средства, которые функционируют в виде вычислительных систем;
- Лингвистическое обеспечение направлено на ориентирование языков программирования, а также использования стандартов в графике, схемах, моделировании и т.п.
- Информационное обеспечение содержит ряд нормативов, документов, словарей, классификаторов и т.п.
- Методическое обеспечение содержит нормативы и методологию принятия решений.[10].

Анализ литературных и Internet – источников показал, что на сегодняшний день происходит процесс объединения различных программных продуктов по своему назначению в общие всеобъемлющие (по горному направлению) программные пакеты.

В последнее время, ученые из разных стран все чаще ставят перед наукой задачу комплексной компьютеризации технологических и геоинформационных систем и на базе их создания программного продукта, позволяющего пересматривать проектные решения в режиме реального времени. Это в дальнейшем будет способствовать повышению качества принимаемых решений на

основе перебора большого числа вариантов за сравнительно малое количество времени и в зависимости от поставленной задачи перед предприятием осуществлять быстрый пересмотр результатов поставленных целей. Эти вопросы в достаточно общем виде описаны в работах таких ученых как: Е.Ю. Капутин, Ю.Н. Кузнецов, Д.А. Стадник, В.В. Куприянов, О.Е. Фомичева, В.М. Шек и другие [12-15].

На данный момент, при подземной добычи месторождений нет готового инструментария, способного в автоматизированном режиме разработать весь комплекс технологических решений для рассмотрения их экспертами. Все это, в конечном счете приводит к тому, что как раньше проекты разрабатываются и принимаются экспертами на основании их жизненного опыта и видения ситуации.

Для решения этой задачи необходимо рассмотреть способы работы со сложными структурами в других областях. Моделирование широко распространено во всех инженерных дисциплинах, в значительной степени потому, что оно реализует принципы декомпозиции, абстракции и иерархии [16]. Каждая модель описывает определенную часть рассматриваемой системы, в свою очередь, построение новой модели происходит на базе нескольких старых, которые морально устарели или не дают достоверные результаты в допустимых пределах. Фактически, процесс создания моделей бесконечный и зависит только от новых разработок в математическом механизме их описания и развития программного обеспечения. Эффективность каждой модели определяется полученными результатами в стандартных и нестандартных условиях. Сравнение результатов моделирования с натурными данными дает возможность проводить соответствующие доработки и корректировки программного обеспечения.

В зависимости от средств, используемых при моделировании, различают предметное (материальное) и абстрактное (идеальное) моделирование (рис. 1).

Моделирование	Материальное	физическое натурное аналоговое
	Идеальное	эвристическое знаковое

Рис. 1. Виды моделирования
Fig. 1. Types of modeling

Материальное моделирование - это изучение на модели, воспроизводящей в определенном масштабе основные геометрические, физические, динамические и функциональные характеристики объекта.

Абстрактное моделирование делится на эвристическое и знаковое, важнейшей разновидностью которого является экономико-математическое моделирование.

В связи с развитием компьютерных технологий и алгоритмов расчета больших систем знаковое моделирование приобретает все большее распространение.

Процесс моделирования, как правило, представляет собой ряд последовательных действий, которые представлены на рис. 2.

Для успешной реализации полученных закономерностей или выводов, необходимо, чтобы:

- Экспериментальные данные имели возможность интегрировать в реальный процесс;
- Необходимо выбрать область экспериментальных данных, которые существенно влияют на ход моделируемых процессов;
- Необходимо проведение минимального количества экспериментов с максимальной достоверностью результатов;
- Результаты экспериментов должны численно отображаться для их критической оценки;
- Обработка данных должна быть представлена в форме зависимостей, готовых для использования.

Современные подходы в проектировании горнодобывающих предприятий основаны на формализованных методах, которые обладают рядом достоинств, среди которых:

1. возможность построения различных сценариев развития во времени и пространстве;
2. возможность быстрого расчета нескольких вариантов;
3. возможность определения параметров технологических подсистем на стадии проектирования;
4. возможность автоматизирования деятельности.

Предварительное изучение объекта
Выдвижение и проверка первоначальных гипотез о свойствах объекта и его физической природе
Поиск прототипов и аналогов
Выделение существенных характеристик
Уточнение и выбор вида моделирования
Экспериментальный или теоретический анализ возможности моделирования
Конструирование модели
Сопоставление результатов моделирования с данными об объекте
Проверка адекватности и корректировка модели

Рис. 2. Алгоритм процесса моделирования
 Fig. 2. Algorithm of the modeling process

На сегодняшний день наиболее актуальной является задачи построения методики перебора

вариантов развития горных работ на пластовых месторождениях. Наиболее универсальным является метод полного перебора, однако построение алгоритма является весьма трудоемкой задачей, для решения которой необходимо описание всего комплекса взаимосвязей элементов подсистем и звеньев проектируемой шахты.

Метод частичного перебора вариантов развития горных работ позволяет сократить объем необходимого числа расчетов за счет выбора параметров в соответствии с некоторыми законами или случайного поиска. Важным является нахождение проектируемой системы в области допустимых параметров.

Можно привести множество примеров успешно функционирующих сложных систем в различных областях деятельности человека. Построение объектов-ориентированных моделей крайне важно при проектировании сложных систем, эти модели покрывают весь спектр важнейших конструкторских решений.

За счет использования четко построенных алгоритмов существенно упрощаются методы структурного проектирования сложных систем. Ориентация на отдельные объекты позволяет справляться со сложностью систем различной природы и дифференцированно соединять их в одну систему.

На сегодняшний день в горной промышленности существует большое количество программных продуктов для выполнения различных решений. Эти продукты могут быть классифицированы по их применимости для конкретных производственных процессов. Основные из них классифицированы следующим образом:

- о Горные системы общего назначения;
- о Специализированные горные программы;
- о Системы управления производством;
- о Системы регистрации производства.

Горные системы общего назначения предназначены для оценки запасов, построения геологических моделей месторождений, создания календарных планов отработки запасов угольного месторождения, проектирования и планирования горных работ. В мире лидирует 5 компаний, предоставляющих такие ПО – Gemcom, Maptek, Mintec, Surpac и Datamine.

Специализированные горные программы на данный момент не находят широкого применения на шахтах Донбасса, однако в последнее время активно развиваются в мировой практике отработки месторождений полезных ископаемых. Они решают вопросы, связанные со специализированными областями технологий, такими, как: буровзрывные работы, вентиляция, транспорт, экология, геомеханика и другое. Существует огромное количество ПО, которые создаются специально компаниями, угольными предприятиями или исследовательскими учреждениями специально для нужд конкретного горного предприятия.

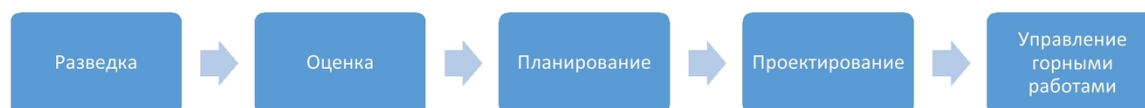


Рис. 3. Спектр решаемых задач в производственной цепочке предприятий
Fig.3. The spectrum of problems to be solved in the industrial chain of enterprises

Системы управления производством широко распространены на Западе, особенно на карьерах. Программное обеспечение этой категории объединяет программы и оборудования с целью получения возможности в режиме реального времени управлять производственными процессами, такими как: управление горным транспортом, буровыми станками, горными машинами и пр. В последнее время крупнейшими мировыми производителями горных машин разрабатываются системы управления оборудованием для внедрения их в системы управления потребителей.

Системы регистрации производством это специализированное ПО для горных предприятий, которое позволяет вести учет и выдавать специализированные отчеты по различным видам деятельности предприятий. Они часто представляют собой различные таблицы и базы данных. В большинстве случаев, это ПО разрабатывается специалистами на предприятии. У нас, на угольных шахтах Донбасса, эти базы данных разрабатываются в пакете Microsoft Office Excel и представляют собой множество таблиц по различным аспектам хозяйственной и коммерческой деятельности предприятий.

Таким образом, современные пакеты программного обеспечения горнодобывающих объектов стремятся покрыть весь комплекс решений в производственной цепочке предприятий (рис. 3).

К сожалению, большинство программных продуктов передовых мировых компаний в области горной промышленности, могут покрыть большинство проектировочных работ только на открытых работах. Что касается подземной добычи полезных ископаемых, ПО способно покрыть лишь их часть, в частности может произвести построение горно-геологических информационных систем, нанести планируемые участки отработки, начертить календарный план отработки выемочных участков и/или сделать расчеты отдельных технологических схем (транспорт, вентиляция, применяемая техника и др.)

В добавок к этому следует отметить тот факт, что западные образцы информационных систем разрабатываются под горно-геологические требования залежей западных стран (США, Австралия, Чехия и т.д.) и горно -технические условия аналогов западного производства, которые в большинстве случаев кардинально отличаются от Донбасса.

Горное производство является одной из самых сложных моделей, которую можно воспроизвести только при соответствующем сочетании составных элементов. Создание имитационных моделей всей технологической цепочки при добыче, транспортировке и переработке угля на базе компьютерного обеспечения дает возможность эффективно прогнозировать горно-технологические процессы и вносить необходимые изменения в случае возникновения нестандартных ситуаций. Повышение эффективности работы шахт требует последовательного и экономически обоснованной комплексной смены технологий выемки угля, адекватного возможностям очистных механизированных комплексов нового технического уровня. Важным направлением увеличения экономических показателей является поиск внутренних резервов, от которых зависит количество и качество добытого угля.

Наращивание объемов добычи - первоочередная задача угольной промышленности Донбасса. Практика работы шахт показывает, что идет планомерное снижение количества очистных забоев при увеличении их производительности и надежности функционирования. Развитие подземного способа добычи угля направлено на интенсификацию горных работ при эффективном вложении инвестиций в высокопроизводительные механизированные комплексы.

Интенсификация горного производства – прогрессивное направление, которое должно формироваться при моделировании вариантов развития горных работ. Оно предусматривает внедрение очистных механизированных комплексов нового технического уровня и совершенствования технологии выемки.

Наиболее существенные технологические параметры, влияющие на добычу угля: скорость движения забоя, выемочная мощность пласта, длина лавы и выемочного столба. Изменение этих параметров влияет на горнотехническую ситуацию шахты, поэтому принятие решений должно быть основано на анализе конкретных горно-геологических условий действующих шахт. Учитывая сложность структурного строения массива горных пород, ограниченность размеров шахтных полей и выемочных участков, необходимо подходить дифференцированно к рекомендованным параметрам выемочного столба. Такой подход гарантирует адекватное изменение технологий выемки угля на конкретную горно-геологическую

ситуацию. В конечном итоге, интенсивный путь развития приводит к снижению себестоимости угля, срока окупаемости оборудования и увеличению рентабельности предприятий. Его внедрение невозможно без привлечения новых научных разработок, горной техники нового уровня, корректировка некоторых технологических звеньев шахты и создание соответствующей системы мониторинга.

Отсутствие достаточного научного обоснования при прогнозировании горнотехнической ситуации на шахте приводит к неэффективности использования горнодобывающего оборудования, снижению безопасности горных работ, перерасходу материалов и энергии и как следствие - повышению себестоимости добычи угля. Поэтому разработка компьютерных имитационных моделей

дает возможность заблаговременно оценивать возможные риски и эффективно предотвращать их последствия, является, безусловно, актуальным направлением развития горной науки.

Для решения поставленной задачи необходимо создание методики моделирования вариантов развития горных работ, когда шахта воспроизводится как имитационная модель всех процессов, отражающих горно-геологическую и горнотехническую ситуацию предприятия. Роль инженера выдвигается на первый план только при принятии решений на конкретном этапе выполнения отдельного технологического процесса. Системы имеют обратную связь и дают возможность изменять системы управления и контроля и принимать нестандартные решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стадник Н. М. Разработка научно-методического обеспечения геоинформационной базы прогнозирования и оценки запасов угольных месторождений: дисс. канд. техн. наук. - М.: МГТУ. 2016. 150с.
2. Устинов М.И. Особенности решения задач оптимизации параметров угольных шахт на ЭВМ. - ИГД им. А.А. Скочинского, 1969. - 44с.
3. Кафорин Л.А. Исследование и выбор рациональных схем и способов вскрытия и подготовки породных пластов средней мощности. Дисс. канд.техн.наук. М.: МГИ, 1971. 146с.
4. Малкин А.С., Саламатин А.Г. Моделирование технологических систем шахт. Сб. Инженерные проблемы разработки недр. М.: Нива России, 1996. - С 159-168.
5. Золотдинов Ю.О. Формирование в автоматизированном режиме вариантов технологических схем угольных шахт и обоснование их характеристик. Автореф. дисс. на соискание науч. степ. канд. техн. наук М.: МГИ. 1987. - 21с.
6. Бограчев Ю.А. Метод конструирования рациональных технологических схем разработки тонких крутых пластов и оценки уровня их качества. Дисс. канд. техн. наук. Люберцы: ИГД им. А.А. Скочинского. 1987. - 16с.
7. Березняк А.Т. Обоснование и выбор топологии сети горных выработок при подготовке шахтопластов. Автореф. дисс. на соиск. ученой степени канд. техн. наук. М.: МГИ. 1985. - 16с.
8. Митейко А.И. Методические и организационные аспекты создания и использования САПР угольных предприятий. // Проектирование и инженерные изыскания. 1989, №2. с.18-22.
9. Астахов А.С. Гитин Е.М., Гойзман Э.И. Оптимальное планирование на ЭВМ в угольной промышленности. М.: Недра. 1974. - 304с.
10. Пасечник А.И. Моделирование антропогенных изменений массива горных пород в зоне очистных работ с использованием ГИС-технологий. Дисс. канд. техн. наук. М.: МГТУ, 2012. 143с.
11. Крюков В.В. Система имитационного моделирования угольной шахты // Информ. листок. - Кемерово: ЦНИТИ, 1994. - С. 94-101.
12. Крюков В.В. Интерактивная проблемно-ориентированная имитационная система угольной шахты. // Тез. докл. Всерос. н-пр. конференция по безопасности жизнедеятельности предприятий в угольных регионах. - Кемерово: КузГТУ, 1994. - С.58-59.
13. Грошенкова О.В. Применение информационных технологий в решении горных задач. // Горный информационно-аналитический бюллетень. М.: МГТУ. 2005. №8. С 164-173.
14. Соснин В.В. Разработка моделей и методов синтеза проектных решений для технических систем с приоритетами. Дисс. канд. техн. наук. -Санкт-Петербург, 2012. - 125с.
15. Федаш А.В., Козовой Г. И., Рыжов А. И. Анализ состояния и направления совершенствования системы проектирования угледобывающих предприятий. // Системный подход к проектированию и разработке угольных месторождений. 2010. - С.16-31.
16. Канавец Г.Е., Берлин М.А. Принципы автоматизированного проектирования и оптимизации технологических производств. - Киев: Общество «Знание» УССР, 1981. - 30с.

REFERENCES

1. Stadnik N.M. Razrabotka nauchno-metodicheskogo obespecheniya geoinformatsionnoy bazy prognozirovaniya i otsenki zapasov ugol'nykh mestorozhdeniy. Diss. Cand. Tech. nauk [Development of scientific and methodological support of the geoinformation database for forecasting and estimating the reserves of coal deposits]. Moscow, 2016. p.150.
2. Ustinov M.I. Osobennosti resheniya zadach optimizatsii parametrov ugol'nykh shakht na EVM [Features of solving problems of optimization of parameters of coal mines on a computer]. - IGD A.A. Skochinsky, 1969. – p. 44.
3. Kaforin L.A.. Issledovaniye i vybor ratsional'nykh skhem i sposobov vskrytiya i podgotovki pologikh plastov sredney moshchnosti. Diss. Cand. Tech. nauk [Research and selection of rational schemes and methods of opening and preparation of flat seams of medium thickness]. Moscow, 1971. p.146.
4. Malkin A.S., Salamatina A.G. Modelirovaniye tekhnologicheskikh sistem shakht. [Modeling of technological systems of mines]. *Sat. Engineering problems of subsoil development*. M.: Niva of Russia, 1996. pp.159-168.
5. Zolotdinov Yu.O. Formirovaniye v avtomatizirovannom rezhime variantov tekhnologicheskikh skhem ugol'nykh shakht i obosnovaniye ikh kharakteristik. Avtoref. diss. na soiskaniye nauch. step. kand. tekhn. nauk [Formation in the automated mode of variants of technological schemes of coal mines and justification of their characteristics. Author's abstract]. M.: MGI, 1987. – p. 21.
6. Bograchev YU.A. Metod konstruirovaniya ratsional'nykh tekhnologicheskikh skhem razrabotki tonkikh krutyykh plastov i otsenki urovnya ikh kachestva. Diss. kand. tekhn. nauk. [The method of constructing rational technological schemes for the development of thin steep seams and assessing their quality level]. Lyubertsy: IGD im. A.A. Skochinskogo, 1987. – p. 16.
7. Berezhnyak A.T. Obosnovaniye i vybor topologii seti gornyykh vyrabotok pri podgotovke shakhtoplastov. . Diss. kand. tekhn. nauk. [Substantiation and selection of the topology of the mine workings network in the preparation of seam-mines]. M.: MGI, 1985. – p. 16.
8. Astakhov A.S. Gitin Ye.M., Goyzman E.I. Optimal'noye planirovaniye na EVM v ugol'noy promyshlennosti.[Optimum computer planning in the coal industry]. M.: Nedra, 1974. – p. 304.
9. Miteyko A.I. Metodicheskiye i organizatsionnyye aspekty sozdaniya i ispol'zovaniya SAPR ugol'nykh predpriyatiy. [Methodical and organizational aspects of the creation and use of CAD for coal enterprises.]. *Proyektirovaniye i inzhenernyye izyskaniya*. 1989, №2. pp.18-22.
10. Pasechnik A.I. Modelirovaniye antropogennykh izmeneniy massiva gornyykh porod v zone ochistnykh rabot s ispol'zovaniyem GIS-tekhnologiy. Diss. kand. tekhn. nauk. [Modeling of anthropogenic changes in the rock massif in the area of extraction works using GIS technologies]. M.: MGGU, 2012. p.143.
11. Kryukov V.V. Sistema imitatsionnogo modelirovaniya ugol'noy shakhty. [System of imitation modeling of a coal mine]. *Inform. Leaf*, 1994. pp. 94-101.
12. Kryukov V.V. Interaktivnaya problemno-oriyentirovannaya imitatsionnaya sistema ugol'noy shakhty.[Interactive problem-oriented imitation system of a coal mine]. *Tez. dokl. Vseros. n-pr. konferentsiya po bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti predpriyatiy v ugol'nykh regionakh*. Kemerovo: KuzGTU, 1994. – pp.58-59
13. Groshenkova O.V. Primeneniye informatsionnykh tekhnologiy v reshenii gornyykh zadach. *Mining information analytical bulletin*, 2005, №8. pp. 164-173.
14. Sosnin V.V. Razrabotka modeley i metodov sinteza proyektnyykh resheniy dlya tekhnicheskikh sistem m prioritetaми. Diss. kand. tekhn. nauk. [Development of models and methods for the synthesis of design solutions for technical systems and priorities]. Sankt-Peterburg, 2012. p.125.
15. Fedash A.V., Kozovoy G. I., Ryzhov A. I. Analiz sostoyaniya i napravleniya sovershenstvovaniya sistemy proyektirovaniya ugledobyvayushchikh predpriyatiy. [Analysis of the state and direction of improving the design system for coal mining enterprises.] *Sistemnyy podkhod k proyektirovaniyu i otrabotke ugol'nykh mestorozhdeniy*. 2010. – pp.16-31.
16. Kanavets G.Ye., Berlin M.A. Printsipy avtomatizirovannogo proyektirovaniya i optimizatsii tekhnologicheskikh proizvodstv. [Principles of computer-aided design and optimization of technological productions]. Kiyev: Obshchestvo «Znaniye» USSR, 1981. – p.30.

Поступило в редакцию 21.09.2017

Received 21.09.2017