УДК 622.28.042:658.512.2

Ю.Н.ОГОРОДНИКОВ
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ В ГЕОМЕХАНИКЕ

Действующие горные выработки рассматриваются как натурные модели. Показано, что база данных (БД), содержащая сведения о горно-геологических условиях, типах, параметрах и состояниях крепи выработок, приспособленная для отбора натурных моделей по условиям подобия, позволяет эффективно использовать накопленный опыт эксплуатации подземных выработок для обоснования надежных решений при освоении новых участков месторождений.

Operating working are consided as natural models. It is shown that Data Base containing the information on mine geological conditions, types parameters and state of working supports, offer the possibilities to employ efficiently the experience gained at mine working exploitation in order to make grounds for finding reliable solutions in new deposit development.

Разработка эффективных способов охраны и поддержания выработок является одним из основных направлений в геомеханике. Традиционно проблема решается на основе нормативных документов, рекомендации которых на период их составления соответствовали уровню развития аналитических и экспериментальных методов прогноза проявлений горного давления. В последние годы, с применением метода конечных элементов, позволяющего изучать взаимодействие крепи с массивом в плоских сечениях и на объемных моделях, превалируют аналитические исследования.

Основная трудность, с которой неизбежно встречается исследователь или проектировщик, пользующийся аналитическими методами, заключается в подборе характеристик физико-механических свойств пород нового участка месторождения, горно-геологические условия которого на этапе проектирования достоверно неизвестны. Данные появляются после проходки выработок и с началом добычных работ, когда решения по креплению подготовительных и очистных выработок уже приняты.

В настоящее время, с созданием программного обеспечения баз данных, сложилось новое направление, обладающее большим потенциалом в исследованиях и выборе надежных способов обеспечения устойчивости выработок. Оно заключается в накоплении данных о действующих или погашенных подготовительных и очистных выработках, с последующим анализом их устойчивости с применением положений теории подобия.

В развитии теории подобия российская наука имеет значительные достижения. Широко известны работы М.В.Кирпичева, Л.И.Седова, В.А.Веникова. Подобие геологических структур и горных массивов исследовали А.Г.Назаров (1965), Л.Б.Розовский (1975). Применительно к геомеханическим объектам, устойчивость и надежность которых определяется влиянием множества факторов, большое значение имеют работы В.А.Веникова [1], который исследовал подобие процессов в электрических системах. По сложности математического описания и числу влияющих факторов электрические системы имеют много общего с геомеханическими объектами. Разработанные В.А.Вениковым положения о «практическом» подобии и метод вывода критериев подобия на основе линейных уравнений процессов, не имеющих точного аналитического описания, полностью соответствуют особенностям геомеханических систем. На их основе нами получены условия и критерии подобия горных выработок в однородных монолитных, трещиноватых, дискрет-

ных и слоистых массивах с различными видами крепи, работающими по разным схемам взаимодействия с массивом [2, 3]. Тем самым созданы основы теории геомеханического подобия горных выработок, которая открывает возможность использования опыта эксплуатации выработок для обоснования типов и параметров крепи в проектах и паспортах крепления.

Каждую горную выработку, которая эксплуатируется или уже погашена, можно рассматривать как натурную модель (аналог) новой выработки, если горно-геологические условия поддержания объектов подобны.

Натурная модель – это объект, испытанный в естественных условиях. В этом ее отличие от физической модели, которая, по определению В.А.Веникова, воспроизводит главные процессы изучаемого явления с сохранением его природы и основных влияющих факторов. Преимущества натурной модели перед физическими, например, моделями из эквивалентных материалов, очевидны. Состояние натурного объекта есть результат не искусственно воспроизведенных, а естественных процессов перераспределения напряжений, деформаций вмещающих пород, взаимодействия крепи с массивом. Если изучаемый объект подобен натурной модели, то закономерности деформационных процессов и проявлений горного давления в сопоставляемых объектах также подобны.

Применительно к натурным моделям можно говорить только о приближенном подобии. В.А.Веников указывает, что в природе не может существовать абсолютно подобных объектов. Достаточно обратить внимание на обширный перечень параметров, составляющих критерии подобия. Заметим, что и при равенстве всех критериев подобия заключение о строгом подобии систем может быть ошибочным, так как равенство получено при определенном уровне достоверности исходной информации. Возможно, другие методики опробования массива дали бы другие результаты. В итоге единственный «самый подобный» объект может таковым не быть, в то время как действительно подобная выработка будет отвергнута. Отсюда следует, что несколько приближенных аналогов ценнее, чем один «самый подобный». Поэтому накопление информации о выработках в базах данных является необходимым условием уверенного выбора объектов – аналогов. При этом содержание информации, представляемой в виде перечня численных и качественных характеристик (признаков) объекта, должно быть согласовано с набором параметров, составляющих критерии подобия.

В конце 80-х гг. XX века совместными усилиями СПГГИ и ГМОИЦ Норильского комбината создана первая в России БД о горных выработках рудников Талнаха, в которую занесены данные более двух сотен объектов – квершлагах, штреках, уклонах, сопряжениях. Каждый объект имеет оценку состояния выработки по 5-балльной шкале, от устойчивого до аварийного. На основе информации выполнены анализы зависимости устойчивости выработок от различных факторов; разработана методика расчета параметров крепи по аналогам. Работа с БД подтвердила, что структурированная информация о подземных объектах является мощным инструментом исследования геомеханических систем и надежной основой для проектирования новых объектов.

Накопленный опыт целесообразно распространить на другие условия, отличающиеся от Октябрьско-Талнахского месторождения. Целесообразно создавать самостоятельные БД по подготовительным выработкам угольных шахт, по капитальным выработкам глубоких горизонтов, по стволам. Перспективны БД по очистным забоям пластовых месторождений, по месторождениям, отрабатываемым камерными и камерно-столбовыми системами разработки. Создание баз данных требует определенного организационно-методического обеспечения. Однако трудовые затраты на сбор и оформление информации относительно невелики. Сбор информации с использованием стандартных первичных информационных документов несложен. При некотором административном нажиме легко организовать пополнение БД вновь пройденными выра-

ботками. Достаточно ввести информационные карты в число документов, обязательных для представления на предмет оплаты выполненных работ по выработке, участку, горизонту.

Любая крупная исследовательская организация или производственное объединение имеют полную возможность сформировать БД без особых дополнительных затрат. Например, БД по рудникам НГМК создана почти полностью за 2 года трудом одного-двух сотрудников ГМОИЦ, располагавших к этому моменту определенным опытом натурных наблюдений за устойчивостью выработок рудников Талнаха.

На сегодня проблеме сбора и накопления информации о состоянии выработок, по существу, не уделяется внимания. Причина в том, что у многих специалистов нет четкого представления о назначении и методиках практического применения информации, аккумулированной в компьютерных БД. Эти вопросы освещены в наших работах [2, 3]. Выявлены три принципиальных проблемы, которые успешно решаются с помощью БД:

- анализ эксплуатационной надежности выработок с различными видами крепи;
- анализ зависимостей состояния выработок от различных влияющих факторов;
- определение параметров крепи, гарантирующих с определенной вероятностью заданный уровень надежности выработки.

Решение указанных задач становится возможным благодаря применению положений теории подобия геомеханических систем. По первому направлению совокупность приближенно подобных выработок классифицируется по значениям оценки качества; по группам выработок с разными оценками качества (удовлетворительное, средней устойчивости, устойчивые) вычисляются показатели надежности.

По второму направлению массив приближенно подобных выработок делится на группы по значению одного из факторов, от которого, предположительно, зависит устойчивость выработок. Наличие корреляционных связей устанавливается методами статистического анализа.

Определению параметров крепи предшествует выбор из БД группы выработок, приближенно подобной проектируемой. Затем вычисляются значения параметров (плотность расстановки штанг, шаг рам, толщина бетона), при котором запас прочности крепи будет одинаковым с выработками – аналогами. Метод расчета крепи выбирает проектировщик, исходя из предполагаемой схемы взаимодействия крепи с массивом.

Каждое из направлений предполагает наличие достаточно представительной БД. Разработки по теории подобия геомеханических систем и опыт, приобретенный при формировании первой БД о горных выработках, позволяют по этому направлению наметить ждущие исследователей перспективные темы. В частности, к ним можно отнести следующие:

- анализ и прогноз устойчивости подготовительных выработок угольных шахт;
- обоснование эффективных способов управления горным давлением при выемке пологих угольных пластов;
- определение размеров целиков и камер при камерной и камерно-столбовой системах разработки полезных ископаемых;
- исследование зависимости устойчивости вертикальных стволов шахт от физико-механических свойств и нарушенности массива горных пород.

База данных, в которой каждый объект имеет оценку эксплуатационного состояния, представляет собой обобщенный опыт поддержания выработок в разнообразных горно-геологических условиях в течение многих лет.

Невозможно переоценить значение информационного пространства, отражающего реальные деформационные процессы в системах крепь-массив. Никакая теория, математическая или физическая модели не могут учесть множество взаимосвязей в системе и достоверно предсказать их проявления на длительный период эксплуатации объекта. Надежность результатов анализа и прогнозов проявлений горного давления является важнейшим преимуществом методик, использующих систематизированную инфор-

мацию о состоянии действующих выработок. По мере накопления данных возможности решения геомеханических задач с применением положений теории подобия будут расширяться. Поэтому развитие теории геомеханического подобия подземных объектов, создание баз данных о горных массивах и выработках представляют актуальную, перспективную и многообещающую область научной деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Веников В.А.* Теория подобия и моделирования: (применительно к задачам электроэнергетики). М.: Высшая школа, 1984.

2. *Огородников Ю.Н.* Проектирование и расчет крепи подземных сооружений / Ленинградский горный ин-т. Л., 1989.

3. *Огородников Ю.Н.* Условия подобия натурных моделей в проектировании крепи по аналогам // Межвуз. сб. «Механика подземных сооружений» / Тульский политех. ин-т. Тула, 1990. С.130-137.