

УДК 622.831

Б.А. Картозия

ОБ ОДНОЙ ЮБИЛЕЙНОЙ ДАТЕ И СИТУАЦИИ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ГЕОМЕХАНИКЕ

Автор анализирует ситуацию, сложившуюся за пятьдесят лет в одном из наиболее сложных научных разделов «Геомеханики». Это теория напряженно-деформированного состояния массивов горных пород и прогнозирование нагрузок на крепь горных выработок аналитическими методами. Рассматриваются причины сложившегося положения и возможный выход из тупиковой ситуации.

Ключевые слова: геомеханика, породный массив, горная выработка, горное давление, напряженное состояние, деформация.

Пятьдесят лет назад вышла в свет монография К.В. Руппенейта и Ю.М. Либермана «Введение в механику горных пород» [1]. Теперь можно смело утверждать, что книга имела для отечественной геомеханики судьбоносное, хотя и неоднозначное, значение. С одной стороны, это был несомненный прорыв в теории горных наук, но с ее выходом наметилась тенденция к заметному сокращению экспериментальных работ и лавинообразному притоку в эту область ученых математиков и механиков, совершенно не связанных с горным делом. Бурное развитие компьютерных технологий, в дальнейшем, постепенно свело лабораторные и натурные исследования в геомеханике практически к нулю. Не вдаваясь в дискуссию о достоинствах и недостатках тех или иных методов, следует отметить, что путь развития аналитических методов, вне увязки их с экспериментальными исследованиями, оказался тупиковым. Кстати, на необходимость развития комплексного метода исследований (по нынешней терминологии «системного»), как наиболее эффективного, указывал Г.А. Крупенников [2].

Давайте взглянем правде в глаза: мы по-прежнему применяем слож-

нейший вычислительный аппарат для изучения безликой нематериальной среды, именуемой «плоскостью». И сколько бы сторонники «классических» аналитических методов, ни пытались критиковать численные методы, все-таки, приходится согласиться, что эти методы расширили наши возможности, приблизив геомеханические модели к реальным условиям, как в части учета его свойств и структурных особенностей массива, так и рассмотрения объемных расчетных схем, хотя, и не решили пока проблему в целом.

Массив горных пород это сложная природная физическая среда, отличающаяся непостоянством механических характеристик и сложными структурными особенностями. К тому же, немалое влияние на все это оказывает техногенная деятельность человека [3]. В этой связи, механические процессы, возникающие при строительстве горных выработок: перераспределение напряжений, деформирование и разрушение пород реализуются различным образом даже в пределах одного и того же типа массива. Соответственно, и характер взаимодействия массива горных пород с крепью в конкретных горно-геологических и горнотехнических

условиях будет различным. Вряд ли схема взаимодействия металлической арочной податливой крепи горизонтальной горной выработки может быть отождествлена со схемой работы обделки тоннеля из пресс-бетона. На фоне этого, попытки разработать универсальную теорию горного давления (универсальную модель определения нагрузок на конструкции подземных сооружений) сродни вековым усилиям медиков создать «таблетку от всех болезней». В этой связи возможно более правильным можно считать путь разработки набора отдельных моделей для конкретных условий горных работ и различных схем реализации механических процессов в породном массиве, в том числе, и процесса его взаимодействия с крепью.

Кстати будет сказано, что за последние десятилетия практически прекратились исследования новых эффективных подходов к описанию реальных свойств породного массива, то есть, по существу к созданию «переходного мостика» от теории к реальным практическим задачам геомеханики. В свое время Константин Владимирович Руппенейт предпринял серьезную попытку в этом направлении и, в частности, предложил математическую модель, учитывающую трещиноватость массива. Однако, на этом все и закончилось. Сегодня, единичные исследования ученых в этом направлении [4] не исправляют сложившегося положения.

Самым «слабым звеном» всех попыток дать количественную оценку проявлений горного давления, например, смещений породного контура горной выработки, усилий на контакте крепи с породой аналитическим путем, является всеобщее допущение о возможности представить породный массив в виде простейшей среды

(сплошной, упругой, линейно-деформируемой, квазиоднородной, изотропной и т.д.). Иными словами, в аналитических исследованиях мы имеем дело не с реальным массивом, а с некой нематериальной плоскостью (полуплоскостью), наделенной, как правило, некими условными (усредненными) характеристиками прочностных и деформационных свойств, чисто гипотетическими начальными и граничными условиями. В задачах с разрушением породы, за редким исключением [5], к этому еще добавляются упрощенные теории прочности

Стремление добиться «точности решения» практических задач за счет привлечения известных «строгих» методов, равно как и разработка новых, им подобных, желаемого результата не дают. Все попытки введения каких-либо «переходных коэффициентов» (от теории к реальным условиям), нивелирующих недостатки расчетных схем и геомеханических моделей массива, есть ничто иное, как выдача желаемого за действительное. Сказано может быть резко, но объективно. Массив деформируется и разрушается по собственным законам. Да к тому же он – пространство реальное объемное или, как принято сейчас говорить, «три Д», а не условная плоскость. Поэтому, отдавая должное ученым, внесшим значительный вклад в развитие теории расчета подземных сооружений, не могу не высказать свое, пусть субъективное, суждение.

При всей изящности и внешней эффектности подобных исследований, среди которых немало выдающихся по своему уровню, для количественной оценки механических процессов в массиве горных пород они малопригодны. Если не сказать сильнее. Безусловно, они внесли и вносят большой вклад в **классическую механику**, в которой вместо горных

выработок – отверстия различной формы, вместо реального массива – весома (невесома) плоскость (полуплоскость) с заданными на нее нагрузками, стабильные свойства, абстрактные неоднородность и анизотропия, «впаиваемые» кольца, а не реальная конструкция крепи. Такие решения украсят любую диссертацию, они доказывают возможность эффективного использования аналитических методов для изучения принципиального влияния самых различных факторов на формирование напряженно-деформированного состояния массива при решении задач геомеханики, то есть, для выявления **общих качественных геомеханических закономерностей**.

Нет надобности доказывать, что аналитические методы обладают наибольшей общностью, так как свободны от влияния частных факторов, отражающих специфику горнотехнической ситуации. Однако, их эффективное практическое использование в геомеханике, возможно при условии преодоления целого ряда допущений. Еще раз перечислим основные из них.

Свойства пород слагающих массив, которые являются некоторой функцией координат точки опробования, как правило, усредняются, а в наиболее сложных случаях, заменяются некими «эквивалентными» значениями. Если такой подход, в силу неизбежности, еще может быть оправдан на стадии упругого деформирования, то он совершенно неприемлем при переходе деформационных процессов в запредельную стадию, где развитие деформаций сопровождается одновременным разрыхлением пород и снижением их сопротивляемости силовому воздействию.

Структура и текстура массива в лучшем случае учитываются понятиями «неоднородность» и «анизотропия»

(физическая, геометрическая) путем соответствующего вынужденного простого введения разнозначных характеристик прочностных и деформационных свойств. На сегодня альтернативы нет, нужно искать принципиально новые подходы. Это сложно, но необходимо.

Аналитическим методам подвластны пока только двумерные задачи.

Начальное напряженное состояние принимается чисто гипотетически, поэтому, численные значения компонентов напряжений и их ориентировка в пространстве весьма условны.

Вышесказанное приводит к одному интересному терминологическому выводу. Если в отношении конструкций подземных сооружений, для которых есть определенность в части свойств их материала, нагрузок и схем нагружения правомерен термин «расчет», то для массива горных пород более подходит термин «прогнозирование».

Возвращаясь к тому, с чего мы начали – книге К.В. Руппенейта и Ю.М. Либбермана заметим, что, несмотря на использование в ее названии словосочетания – механика горных пород, ссылки авторов на возможность приложения изложенных там методов к практическим задачам геомеханики **крайне осторожны**. В разделе «Использование решений получаемых методами механики» они раскрывают свое понимание объективных сложностей перехода от теории к практике: картины распределения напряжений в пластинке вокруг выреза и в массиве горных пород вокруг выработки в лучшем случае могут иметь только качественное совпадение, и то, при большой идеализации свойств реальной среды. В качестве примера, фигурируют всего две простейшие задачи – расчет потолочины и определение НДС вокруг выработки круго-

вого поперечного сечения, без каких либо комментариев относительно надежности подобных расчетов. Даже названия отдельных параграфов свидетельствуют об этом: «Распределение напряжений вокруг отверстия в бесконечной пластинке», «Пластинка с эллиптическим вырезом», «Труба, находящаяся под действием внутреннего и внешнего равномерно распределенного давления».

Как справедливо заметил мой коллега проф. Г.Г. Литвинский «отцы геомеханики», наши учителя, профессора М.М. Протодяконов, А.М. Терпигорьев, П.М. Цимбаревич, Л.Д. Шевяков математическими знаниями владели в достаточной степени, но, в основном, предпочитали опираться на данные практики. А уж они то с горным делом были «на ты» и знали истинную цену теоретическим прогнозам.

Что же делать? Отказаться от данного направления в геомеханике? **Думается, что это было бы неправильным шагом.** Теория должна развиваться, но ее практическое использование должно быть хорошо продумано. Да, получить достаточно надежный прогноз, даже с применением самых точных аналитических решений, пока не удастся. Изменчивость механических характеристик свойств пород по трассе строительства оказывает существенное влияние на количественные проявления механических процессов. Это давно поняли и ученые и инженеры, что, в частности, привело в свое время к созданию соответствующей технологии крепления, получившей название «Новоавстрийский способ строительства тоннелей (НАТМ)». Он был теоретически обоснован в 1956 г. австрийскими профессорами Л. Рабцевичем, Л. Мюллером, Ф. Пахером. и запатентован в 1958 г. А. Бруннером [6].

Его аналогом для горных выработок является способ крепления «Крепь регулируемого сопротивления (КРС)», разработанный и внедренный группой советских ученых в 1984 году [7, 8]. Указанные технологии позволяют на основе данных мониторинга оперативно корректировать несущую способность крепи в соответствии с непрерывно меняющимися горно-геологическими условиями. Этот способ был успешно апробирован на строительстве шахт в Донбассе. К сожалению, в последние два десятилетия исследования в данном направлении у нас практически прекратились. Вместе с тем, не перевелись предложения, как повысить надежность расчетных методов. В частности, в научно-технической литературе промелькнули мысли, суть которых состоит в том, чтобы следует технологию подгонять под «удобную» расчетную схему взаимодействия массива с крепью!? Так, если, к примеру, на практике обычная шитовая технология со сборной обделкой не дает возможности избавиться от строительных зазоров, то ее следует заменить технологией крепления пресс - бетоном. **Подчеркиваю,** что «подгонка» технологий предполагается не под изменяющиеся геологические условия, а под удобную расчетную схему. Не берусь комментировать подобные предложения.

Российская наука, образование, техническая политика сейчас находятся на переломном этапе. От бесконечного совершенствования технологий производства и обучения мы переходим (медленно и трудно) к инновационной деятельности.

Инновационная деятельность состоит в трансформации фундаментальных научно-технических достижений и опыта в новый технологический процесс, используемый при ре-

шении той или иной технической проблемы или продукт нового качества, внедренный на рынке сбыта. Конечным результатом инновационной деятельности является получение новых инновационных технических решений. Инновационное техническое решение – это перспективное научное достижение, основанное на фундаментальных исследованиях, воплощенное в технический проект, прошедший промышленную апробацию и обладающее конкурентоспособными качествами на рынке сбыта продукции. Из вышесказанного нетрудно сделать вывод, что только при умелой адаптации

сложных теоретических решений к конкретным условиям ведения работ на основе современных методов мониторинга можно обеспечить требуемый уровень надежности конструкций и технологической безопасности.

По существу, это отказ от сложившейся практики одностадийного проектирования и переход к управляемым интеллектуальным технологиям. Думается, что внедрение таких технологий позволит решить многие вопросы производства и обеспечит научно-технический прогресса, в том числе, и в подземном строительстве. Молодому поколению ученых-геомехаников есть над чем подумать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руппенейт К.В., Либерман Ю.М. «Введение в механику горных пород». – М.: Госгортехиздат, 1960. – 356 с.
2. Крупенников Г.А. Горнотехнические принципы постановки аналитических задач механики горных пород. Труды конференции по механике горных пород. – Алма-Ата, 196. – С. 226–237.
3. Баклашов И.В., Картозия Б.А. Механика горных пород. – М.: Недра, 1975. – 272 с.
4. Шашенко А.Н., Сдвижкова Е.А., Кужель С.В. Масштабный эффект в горных породах. Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 126 с.
5. Литвинский Г.Г. Аналитическая теория прочности горных пород и массивов. Донецк: Норд-Пресс, 2008.
6. Rabcewicz L. The New Austrian Tunneling Method, Part one, Water Power, November 1964, 453–457, Part two, Water Power, December 1964, p. 511–515.
7. Способ крепления горных выработок а.с. № 138 4772, 1986 (Картозия Б.А., Пшеничный В.А., Корчак А.В., Быков А.В., Цейтлин Г.М., Свирский Ю.И.).
8. Картозия Б.А., Кафорин Л.А., Свирский Ю.И., Пшеничный В.А. Совершенствовать теорию и практику крепления капитальных горных выработок. Шахтное строительство, 1984. – № 5. **ГИАС**

Коротко об авторе

Картозия Б.А. - доктор технических наук, профессор,
Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, ud@msmu.ru

