

УДК 615.035.4

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГОРНЫХ МАШИН В КУЗГТУ И КАРГТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ И КАЗАХСТАНА

¹Буялич Г.Д., ²Жетесова Г.С., ²Бейсембаев К.М., ²Малыбаев Н.С.

¹*Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева,
Кемерово, e-mail: gdb@kuzstu.ru;*

²*Карагандинский государственный технический университет, Караганда, e-mail: kakim08@mail.ru*

За период с 1970 г., проведен анализ особенностей развития технологий моделирования и проектирования горных машин вузов самых крупных угольных бассейнов в Кузбассе и Караганде. Здесь происходит внедрение комплексной механизации выемки угольных пластов, начинается разработка агрегатов и систем автоматизации. На базе вузов, лабораторий, промышленных предприятий открываются научно-производственные объединения. В Караганде возникают горные гиганты: объединение КАРАГАНДАУГОЛЬ, КАРГОРМАШ, начинаются поставки оборудования нового технического уровня в зарубежье. Происходит тесное взаимодействие вузовской науки с предприятиями бассейна. В образовательные программы вводится производственная проблематика. Свыше 80 – 90% выпускных работ в вузах пишется по тематике научных работ с предприятиями. Производственная практика проходит на рабочих местах на платной основе. Это продиктовано специфическими условиями труда, требующего фундаментальных знаний о работе машин в нестационарной среде, где происходят горные удары, внезапные выбросы угля и газа. Поэтому развиваются методики моделирования и проектирования машин с учетом энергоемких процессов недр на основе уникального стендового, модельного оборудования и компьютерных технологий. Признанием эффективной работы университетов является установление мировых рекордов по добыче угля и проходке выработок, использования его инжиниринга на лучших зарубежных фирмах.

Ключевые слова: развитие, стендовое оборудование, горные машины, технологии, моделирование

DEVELOPMENT OF SYSTEMS OF MODELLING AND DESIGN OF MOUNTAIN CARS IN KUZGTU AND KARGTU OF THE RUSSIAN FEDERATION AND KAZAKHSTAN

¹Buyalich G.D., ²Zhetesova G.S., ²Beysembayev K.M., ²Malybayev N.S.

¹*Kuzbass state technical university of T.F. Gorbachev, Kemerovo, e-mail: gdb@kuzstu.ru;*

²*Karaganda state technical university, Karaganda, e-mail: kakim08@mail.ru*

Since 1970, the analysis of features of development of technologies of modeling and design of mountain cars of the largest coal basins in Kuzbass and Karaganda where there is an introduction of complex mechanization of dredging of coal layers is carried out, development of units and systems of automation begins. On the basis of higher education institutions, laboratories, the industrial enterprises scientific and production associations open. In Karaganda there are mountain giants: association KARAGANDAUGOL, KARGORMASH, supplies of equipment of a new technological level in the abroad begin. There is a close interaction of high school science to the enterprises of the pool. The production perspective is entered into educational programs. Over 80 – 90% of final works in higher education institutions are written on scope of scientific works with the enterprises, work practice takes place on workplaces on a paid basis. It is dictated by specific working conditions, demanding fundamental knowledge of operation of machines in the non-stationary environment where there are mountain blows, sudden emissions of coal and gas. Therefore techniques of modeling and design of cars taking into account power-intensive processes of a subsoil on the basis of the unique bench, model equipment and computer technologies develop. Recognition of effective work of universities is establishment of world records on coal mining and a driving of developments, uses of engineering in the best foreign firms.

Keywords: development, bench equipment, mountain cars, technologies, modeling

В 70–90-е годы прошлого столетия влияние научно-технических разработок проводимых в КузГТУ и КарГТУ на содержание и развитие горных технологий в области добычи угля, заметно возросло, а по ряду направлений стало определяющим. В самых крупных угольных бассейнах России и Казахстана на базе вузов, подготавливающих специалистов для этих производств, создавались научно-производственные объединения, включающие специализированные лаборатории, а ино-

гда и академические институты. Необходимая производству тематика исследований реализовывалась через систему хозяйственных договоров, была включена в образовательную систему кафедр вузов, в которой активное участие принимали студенты и, особенно, 4-5 курсов. Влияние на техническую политику регионов оказывали научные разработки вузов. В частности, в Караганде с этой целью был создан Совет ректоров во главе с ректором КарГТУ героем социалистического труда А.С. Сагиновым, чей

столетний юбилей был недавно отмечен общественностью республики. В КузГТУ и КарГТУ тематика производимых исследований была близка, поскольку в бассейнах вставляли общие вопросы внедрения комплексной механизации технологии выемки угольных пластов пологого и наклонного падения, проблематика которых включала вопросы моделирования и проектирования горных машин с учетом их работы в сложной горной среде.

Развитие бассейнов, методов моделирования и проектирования

В 70-е годы в бассейнах началось техническое перевооружение угольных шахт, широко внедрялись лавные технологии с применением механизированных комплексов оборудования в состав которых входили механизированные крепи из линейных секций и секций крепи сопряжения лавы с подготовительными выработками, скребковые конвейера, очистные комбайны, дробилки. Конструкция оборудования должны были увязываться кинематически, по силовым и энергетическим параметрам. Зоны работы этих машин испытывали громадное горное давление от нависающих пород высотой до 700 м, и при проектировании следовало учитывать возможности развязывания газодинамических явлений в виде горных ударов и внезапных выбросов угля и газа. Не много можно назвать производств, где содержание обучения должно считаться с такими проявлениями горной стихии. Особых подходов требовали вопросы разработки наклонных и крутых пластов системами по простиранию. Достаточно сказать что, например, содержание учебных планов специальности «Горные машины и комплексы» было одним из наиболее сложных из известных по техническим направлениям. В соответствии с поставленными планами в регионах возникают промышленные структуры по проектированию изготовлению, ремонту и обслуживанию техники, осуществляется переход на новые методики расчета проектирования, испытания горного оборудования, основанных на компьютерных технологиях. Уже в эти годы в Караганде на базе цехов, ремонтных заводов, строительства новых площадей, современного станочного оборудования открываются первые структуры объединения КАРГОРМАШ, в рамках которого сосредотачиваются вопросы изготовления механизированных комплексов, проходческих комбайнов. В Караганде спроектирован проходческий комбайн Караганда 7/15 за который коллектив на-

гражден государственной премией СССР. На базе лабораторий КарГТУ создается горный отдел Центрально казахстанского отделения АН республики. Основательность подготовки инжиниринга в те годы подтверждается мировыми рекордами рекорды по добыче угля и проходке выработка в карагандинском бассейне. И даже в начале 2000 годов, не смотря на экономический кризис, такой рекорд устанавливается на ш. Тентекская, где почетное право поздравить горняков с этим достижением представлено основателю КарПТИ (впоследствии КарГТУ), первому председателю Центрально-казахстанского отделения АН академику А.С. Сагинову. Выдвинутая им в 80-е годы версия комплексности решения проблем освоения недр в основном опирается на планомерное освоение месторождений залегающих не только в идеальных, но и в сложных условиях, когда глубокое планирование мероприятий по использования первичного и вторичного минерального сырья и проводимых выработок обеспечивает высокую эффективность подземной разработки. Эти идеи конечно не созвучны с курсом на скорейшее извлечение ископаемых, залегающих в идеальных условиях без должной оценки рисков на будущие периоды. Соответственно меняются и методы проектирования и моделирования технологии и техники горных работ. Усложнение условий разработки, многовекторное сдвигание горных пород в моменты проходки зон геологических нарушений, неустойчивая непосредственная кровля и слабая почва, особенно при разработке наклонных пластов, приводят к необходимости разработки новых устройств дополнительно устанавливаемых на секциях крепи, обеспечивающих быстрое крепление обнажающейся кровли. Они предназначены для удержания поверхности забоя, а в ряде случаев выполняющих расширенные функции манипуляторов. Определяются их влияние на параметры секций крепи и горный массив, исследуются параметры обнажений по длине распространения в глубины забоя и кровли и площади, которые они могут закрепить [1, 3]. Устройства проектировались на основе упруго-рычажных элементов обеспечивающих плавное взаимодействие с кровлей, многофункциональность и приспособленность к обширному, удаленным от секций крепи не менее чем на 2 толщины стружки комбайна обнажениям. Этому способствовало наличие средств их моделирования и расчета. Подверженность опорных устройств крепи раз-

нонаправленным смещениям, вызывало необходимость создания систем стабилизации в заданных пределах оснований, перекрытий и ограждений крепи, в тоже время, не уменьшающих коэффициент раздвижности секций, что потребовало разработки специальных кинематических связей и методик их расчета в плоской и объемной постановке для учета несимметричных, многофакторных нагрузок в системе «крепь – боковые породы». Поэтому активизируются поисковые работы в области проектирования многозвенных рычажных механизмов типа Чебышева и методики их геометрической и силовой оптимизации применительно к системам типа ОКП, МК, УКП, М-130 с шарнирными, ползунно-шарнирными связями и их комбинациями, вначале, на основе графоаналитического метода, затем за счет решения систем линейных тригонометрических уравнений, с использованием языков высокого уровня, объектно-ориентированных языков VB, Delphi, C++ с визуализацией данных в дополнительных графических пакетах (рис. 1), и наконец, на основе применения специализированных программ линейной дискретизации дифференциальных уравнений в Adams, где рассматриваются 3 d решения. Вместе с тем растет уверенность, что лицензированные импортные пакеты не являются решением «на все случаи жизни». Как показал опыт вузов замороженное программное обеспечение с подключаемой графикой, при оптимизации параметров геометрических схем, часто оказывается эффективнее. Поскольку экономится время исполнения программы, а простой код более надежен, легко проверяется и модернизируется. Они особенно важны и для тестирования разработанных на импортных пакетах приложений, так как последние имеют специфические ошибки, которые в силу небольшого опыта применения не известны проектантам. Так тестирование объемных решений для Adams возможно на основе программ двумерного решения при приведении результатов объемного к сводимым областям при симметричном нагружении. Конечно при действии реальных нагрузок, симметрия нарушается и именно здесь 3 d решения наиболее необходимы. Но и в этом случае о точности вычисленных параметров судить легче, имея подтверждение об адекватности результатов в сводимых областях. Отметим, что ряд разработок вузов могли бы применяться и в современных условиях. Так конструкции погружных контуров разработанных в Кемерово, шарнирно установ-

ливаемые на секциях для предотвращения утопания оснований в слабые почвы (рис. 2), можно использовать не только по назначению, но и для предотвращения сползания задних частей оснований на наклонных пластах при выемке по простиранию (передние части укреплены на общей базе забойного скребковый конвейера). Кроме того, разработанные на основе метода конечных элементов системы расчета напряженно деформированного состояния представляют удачное сочетание расчетных и экспериментальных методов, оперирующих системой коэффициентов, которые можно корректировать по данным из массива. Это также будет способствовать развитию аппарата расчета НДС сильно деформированных пород у лав за счет принципа использования обратной связи. Следует продолжить и развитие систем основанных на исследованиях на стендах из эквивалентных материалов, позволяющих в уменьшенном масштабе моделировать взаимодействие крепи с боковыми породами, определять нагрузки на опорные элементы крепи через систему тензо датчиков располагаемых на движущейся крепи и микрометров и тензодатчиков, установленных статично в массиве и зоне обрушения пород. Это связано с тем что задачи решаемые теоретически или на основе методов МКЭ, в том числе, и на основе импортных лицензионных пакетов типа Ansys в некоторой мере умозрительны и нет уверенности, что они дают реальную картину сдвижения пород, формирующей последовательность обрушения кровли по длине и высоте слоев. Анализ структурообразования приводит к выделению как минимум 3-х основных схем основанных на смыкании пород почвы и кровли через обрушенные породы.

Среди них: консольное обрушение слоев или блоков пород со ступенчатым профилем на большую высоту, сводообразование и их комбинации. Проверку этих схем можно осуществить не только шахтными наблюдениями, но даже более точно, при проведении стендовых исследований на эквивалентных материалах, что было хорошо развито в Кемерово. Модели можно разделить на полные и фрагментарные. В первых моделируется часть почвы и вся толщина настиляющих пород, а во вторых – подробно выстраивается часть массива наиболее ответственного за формирование нагрузки на призабойную зону (остальная моделируется пригрузкой). Задачами по созданию качественной модели является разработка технологии накатывание слоев, обычно из

песчано-парафиновой смеси, межслоевых контактов, обеспечения их упругих, прочностных свойств, удельных весов и т.п. По первой схеме для конкретной структуры и физикомеханических свойств пород можно получить особенности сдвижения и обрушения пород, что весьма важно для сопоставления полученных результатов с натурными, а для второй – более глубокие подробности деформирования призабойной зоны, включая и процессы проходящие между отдельностями составляющими породу и уголь, формирующими их специфическую структуру. Важными задачами для механики горных

пород и моделирования схем взаимодействия с механизированной крепью является сохранение и восстановление этих методик, стендового и аппаратного оборудования. Как показывает анализ и прогнозирование развития горных технологий эти задачи понадобятся в горном деле в течении еще 3 – 5 десятков лет, а следовательно они актуальны. Аналогичные задачи стоят и для оптического моделирования, когда машины моделируются во взаимодействии с горными породами. Твердотельное моделирование таких процессов не может гарантировать достаточную адекватность результатов.

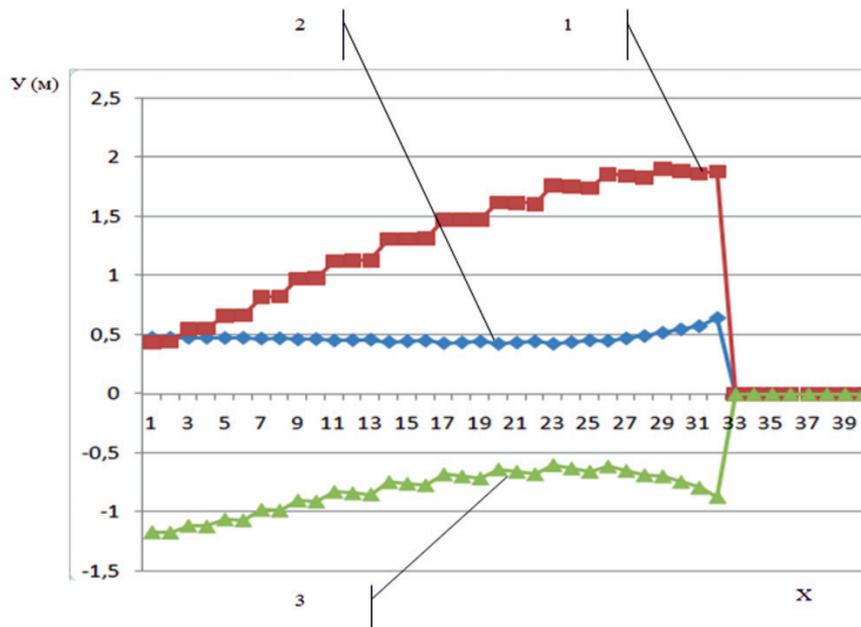


Рис. 1. Построение графиков движения заданной точки траверсы крепи вдоль условных меток x, 1, 3 – неоптимальные, 2 – оптимальная траектории



Рис. 2. К методике расчета погружного контура

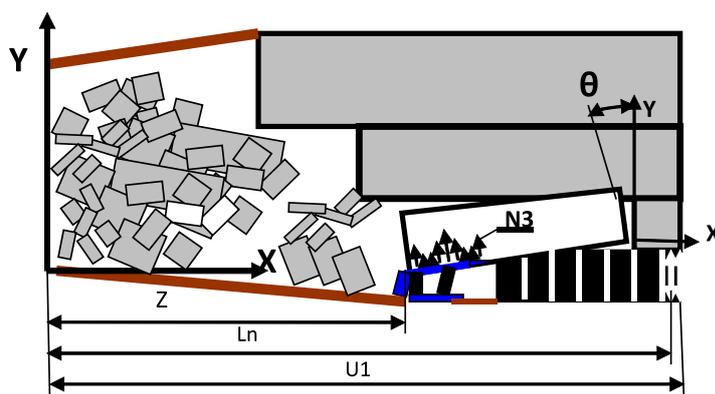


Рис. 3. Консольное обрушение пород при смыкании кровли и почвы с обрушенными породами

Для методик фотомоделирования были наработаны нагрузочные устройства, вспомогательное оборудование для точной фиксации контактных поверхностей, режимы получения напряжений и деформаций в плоской и объемной постановке с «замораживанием» напряжений в специальных термостатах, а также компьютерные методы разделения напряжений. В таких моделях напряжения и деформации можно увидеть в реальных, а не абстрактных моделях деталей, а затем произвести их экспериментальное разрушение с целью проверки выдвинутых положений. Эффективны и методы анализа напряжений прямо на разрушаемых образцах из реальной породы, за счет набрызга на поверхности специальных пленок, позволяющих фиксировать картины напряжений у бегущих трещин скоростным фотографированием. Было установлено, что применение классических элементов трещинообразования к породным массивам не всегда эффективно в связи со сложной структурой пород и нестабильностью её физико-механических свойств. Говорить о прогнозе траектории разрушения в горном массиве с этих позиций затруднительно. Но в то же время особенности образования трещин и зон разрушения над выработками хорошо известны, в том числе, и по зафиксированным в шахтных условиях картинам их развития. Поэтому моделирование разрушения пород должно учитывать их основные свойства и в, частности, слоистую дезинтеграцию, что было предложено еще С.Т. Кузнецовым в ленинградском ВНИМИ. Т.е. должны учитываться наработанные и подтвержденные для ряда горногеологических условий схемы разделения пород, приводящие к установленным в шахтных исследованиях блочным системам (Ф. Глушихин), а также к схемам консольного об-

рушения пород с классическим формированием периодических осадков основной кровли и развитием отжима из груди забоя и дезинтеграцией горного массива (рис. 3). При этом установлена необходимость корректировки результатов теоретического прогнозирования по информативным потокам данных, получаемых из массива. Одним из таких потоков в современных условиях является постоянная фиксация сопротивлений гидростоек образующих пространственную картину нагружения в лавах по её длине и подвиганию. Но информативность потоков станет действенной в том случае, если чувствительность измерительной аппаратуры будет достаточной для фиксации трещин, формирующихся по ширине поперечного сечения лавы и при наличии аппаратуры распознавания их зарождения по высоте и глубине в кровле почве.

Проблемы развития

Такие методики и оборудование разрабатывались в КарГТУ на кафедрах Механики и технологии разрушения горных, пород, Шахтного строительства, Горных машин и комплексов, Разработки месторождений полезных ископаемых и широко использовались не только для получения научных данных, но и в практических целях для установки требуемых силовых режимов анкерной крепи на шахтах. И сегодня их востребованность могла бы быть весьма высокой для анализа твердотельных моделей получаемых в пакетах конечно-элементного моделирования типа Ansys, Nastran, ComsolMultiPhysics, уточнения технологий построения сеток для сложных случаев деформирования и разрушения и др. Заметим что в КузГТУ и КарГТУ развитие новых технологий проектирования и моделирования часто производилось вначале на основе

аналитических моделей с использованием методов теории упругости и пластичности, стендового моделирования на эквивалентных материалах и фотоупругости [2, 4, 5]. Затем с приобретением сертифицированного импортного программного обеспечения Ansys их применение уменьшалось. Так Ansys – технологии были использованы для проектирования и исследования прочности основных узлов горных машин выпускаемых КАРГОРМАШ, и в частности, при изготовлении перекрытий самой популярной в Карагандинском и Кузбасском бассейне крепи М-130. Развитие метода конечных элементов в связи с простотой моделирования и возможности трансформирования разработанных программ на выработки, лавы отдельные узлы механизированных крепей взаимодействующих с породами заметно уменьшило использование ранее наработанных технологий и не только по причине большей эффективности и простоты, но в большей мере из – за снижения требования к результатам и утере связи с производством, вымыванию специалистов из образования и науки, включая их отъезд в зарубежье. Причины этого частично кроются во внезапно наступившей приватиза-

ции горных предприятий. Взаимодействие научных школ и современного производства, учет наработанных ценностей позволит восстановить и поднять вузовскую науку и образование на достойный уровень, особенно при наличии реально исполняемых договоров между государствами и производствами.

Список литературы

1. Антонов Ю.А. Регистрация параметров резких осадок кровли в очистных забоях / Ю.А. Антонов, Г.Д. Буялич, Б.А. Александров // Горные машины и автоматика. – 2003. – № 2. – С. 4–6.
2. Бейсембаев К.М., Векслер Ю.А., Жетесов С.С., Каппасов Н., Мендикенов К.К. Исследование состояния горного массива при подвигании лавы // Известия высших учебных заведений Горный журнал №3, 2013 г.С. 69–76.
3. Буялич Г.Д. Влияние параметров начального распра крепи на схемы взаимодействия её с трудноуправляемой кровлей / Г.Д. Буялич, В.И. Шейкин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал) = Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal). – 2010. – Отд. вып. 3: Горное машиностроение. – С. 82–87.
4. Жетесов С.С., Сагинов А.С., Лазуткин А.Г., Нургожин М.Г. Пути совершенствования механизированных крепей. – Ама-Ата: Изд-во Гылым, 1992. – С. 204–210.
5. Шманов М.Н., Бейсембаев К.М. Приоритетные направления развития крепей для короткозабойных технологий // Уголь № 8. – Москва: Изд-во «Недра», 1992. – С. 37–39.