

АНОНС
**XII Всероссийский Конгресс «Государственное регулирование
недропользования 2016 Весна»**

26 - 27 мая 2016 г.

26 - 27 мая 2016 г. в отеле «Балчуг Кемпински Москва» состоится XII Всероссийский Конгресс «Государственное регулирование недропользования 2016 Весна», организатором которого является компания «АСЭРГРУПП».

Мероприятие пройдет при поддержке Федерального агентства по недропользованию, Союза маркшейдеров России, Ассоциации производителей и потребителей природных строительных материалов «Недра».

Программа Конгресса сформирована из двух самостоятельных Конференций.

В первый день Конгресса (26 мая 2016 г.) пройдет Конференция «Лицензирование пользования недрами. Вопросы организации и проведения аукционов или конкурсов на право геологического изучения недр и добычи полезных ископаемых».

На Конференции будут рассматриваться наиболее актуальные темы, такие как:

- Предоставление участков недр на конкурсах и аукционах: изменения в 2015-2016гг, рассмотрение жалоб.
- Актуальные вопросы лицензирования добычи полезных ископаемых. Получение лицензий на геологическую разведку. Некоторые аспекты для ТПИ. Участки недр федерального значения.
- Практика внесения изменений в лицензии на пользование недрами.
- Актуализация лицензий до 31 декабря 2016 года. Нормативно-правовое регулирование и некоторые аспекты лицензирования для УВС.
- Переоформление лицензий. Нормативное регулирование и практика.
- Досрочное прекращение, приостановление и ограничение права пользования недрами: законодательство, работа над ошибками, положительные практики. Судебная практика и юридическая ответственность в сфере недропользования с участием Роснедр.
- Платежи за право пользования недрами, прирезки, стартовые платежи: разбор методик, сложные вопросы.

Во второй день (27 мая 2016 г.) состоится Конференция «Практические вопросы нормативного и организационного обеспечения рационального недропользования. Проекты планировки. Судебная практика», в ходе которой будут обсуждаться актуальные вопросы, такие как:

- Правовое регулирование использования геологической информации: изменения законодательства Российской Федерации в 2015-2016 гг.
- Создание и использования ликвидационных фондов. Правовое регулирование использования консервированных и ликвидированных скважин. Возмещение вреда при добыче полезных ископаемых. Правовое регулирование использования отходов при пользовании недрами.
- Пользование участками недр местного значения. Возможность добычи общераспространенных полезных ископаемых (ОПИ) и подземных вод. Практические рекомендации, нормативное регулирование в 2016г., вопросы судебной практики.
- Переход на новую классификацию запасов нефти и газа с 1 января 2016 года.
- Практикум «Трудноизвлекаемые запасы: нормативное регулирование, экономическая оценка, технологии, вовлечение запасов в работу, перспективы. Методика подсчета запасов сланцевой нефти».
- Технические проекты разработки месторождений ТПИ: как подготовить и успешно защитить в ЦКР-ТПИ Роснедр. Создание Российского кодекса стоимостной оценки объектов недропользования: почему это стало таким актуальным в 2016 году.
- Роль государства в сокращении объемов сжигания попутного нефтяного газа и выбросов углеводородов в атмосферу.
- Горные отводы: нормативное регулирование в 2016 г. Горноотводная документация. Согласование проектной документации по разработке ТПИ, ПВ.
- Государственный геологический надзор: основания и порядок проведения плановых и внеплановых проверок в 2016 г., выявление нарушений, ответственность. Актуализация лицензий в части, приходящейся на Росприроднадзор.

К выступлению на Конгрессе приглашены представители:

- Экспертного Совета Комитета Государственной Думы ФС РФ по природным ресурсам, природопользованию и экологии;
- Министерства природных ресурсов и экологии РФ;
- Федерального агентства по недропользованию (Роснедра);
- Федеральной службы по надзору в сфере природопользования (Росприроднадзор);
- Управления Федеральной антимонопольной службы по г. Москве;
- ФБУ "Росгеолэкспертиза";
- ФБУ "Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых" (ФБУ «ГКЗ»);
- ФГУП ВНИГНИ; МГЮУ им. О.Е. Кутафина; Центра инвестиционного анализа НИУ "Высшая школа экономики"; МОО "Общество экспертов по недропользованию"; Экспертного сообщества.

Подробная программа и условия участия на сайте: <http://www.nedra.asergroup.ru/>

Тел./факс: (495) 988-61-15

E-mail: info@asergroup.ru www.asergroup.ru

Журнал издается 24-й год (с 1992 г.) и продолжает традиции периодических научно-технических изданий по маркшейдерскому делу, выходявших в России и СССР в 1910-1936 гг.

Издатель – **ОАО «ГИПРОЦВЕТМЕТ»**
Генеральный директор, к.ю.н.
Попов Роман Владимирович

Председатель Редсовета, д.т.н., проф.,
Академик АГН
Иофис Михаил Абрамович

Члены Редсовета:

Гальянов А.В.	Кузьмин Ю.О.
Глейзер В.И.	Макаров А.Б.
Гордеев В.А.	Милетенко Н.А.
Грицков В.В.	Навитный А.М.
Гусев В.Н.	Охотин А.Л.
Загибалов А.В.	Трубчанинов А.Д.
Зимич В.С.	Черепнов А.Н.
Зыков В.С.	Шадрин М.А.
Калинченко В.М.	Юнаков Ю.Л.
Кашников Ю.А.	

Редакция:

Главный редактор
КАПИТОНОВ Сергей Иванович
тел.8-916-919-82-71

Зам.главного редактора и корректор
НИКИФОРОВА Ирина Львовна
тел.8-926-247-32-51

Технический редактор
МОЛОДЫХ Ирина Валерьевна

Адрес: 129515, Москва, а/я №51 –
«Гипроцветмет»–МВ,
ул.Акад.Королева, 13, стр.1 оф.607

Тел/факс: (495) 616-95-55-МВ
Тел. (495) 600-32-00 доб.14-19
E-mail: office@giprocm.ru
<http://www.giprocm.ru>

Выходит 6 номеров в год.
Регистрационное свидетельство
Министерства печати и информации
РФ №0110858 от 29 июня 1993 г.

Отпечатано в типографии «П-Центр»
Формат А4, тираж 990 экз.,
усл. печ. л. 8,0

Подписано в печать 21.03.2016 г.

Индексы в каталогах:
Агентства Роспечати 71675,
Пресса России 90949,
Урал-Пресс 71675

В течение года можно оформить
подписку на журнал через редакцию

За точность приведенных сведений и
содержание данных, не подлежащих
открытой публикации, несут ответст-
венность авторы.
Мнения авторов могут не совпадать с
мнением редакции.
Рукописи не возвращаются!

Ордена им.В.Н.Татищева «За пользу Отечеству»
НТиП журнал

МВ АРКШЕЙДЕРСКИЙ ЕСТНИК

№2 (111), март – апрель, 2016 г.

Учредители:
СОЮЗ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ
СОЮЗ ЗОЛОТОПРОМЫШЛЕННИКОВ
ГИПРОЦВЕТМЕТ

Журнал входит в перечень
ведущих научных изданий ВАК
Минобразования и науки РФ

**«Научная гипотеза всегда выходит за
пределы фактов, послуживших
основой для ее построения»**

В.И. Вернадский

В этом номере:

- **ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ**
- **ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС**
- **ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ**
- **ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**
- **НАША ПАМЯТЬ**
- **ИНФОРМАЦИЯ**

Издатель, редакционный совет и редакция научно-технического и производственного журнала «Маркшейдерский вестник» сердечно поздравляют наших читателей с Международным женским днем 8 Марта и с юбилейным 50 Днем геолога!

Желаем всем Вам, дорогие друзья, доброго здоровья, успехов в труде, благополучия и личного счастья!

СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

	Стр. Page
– ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ	
– PROBLEMS OF SUBSURFACE RESOURCES MANAGEMENT	
Ю.А.Малютин. Теория бортовых содержаний (часть 1).....	6
Yu.A.Malyutin. Bases of the theory of onboard contents (part 1)	
– ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС	
– GEODESY, MINE SURVEYING, GIS	
М.Я.Брын, Н.Н.Богомолова. Исследование точности построения маркшейдерских ходов полигонометрии.....	15
M.Ya.Bryn, N.N.Bogomolova. Research of accuracy of construction of the surveying polygon traverse	
А.А.Литвинова. Автоматизированная оценка гранулометрического состава взорванной горной массы при совершенствовании геолого-маркшейдерского обеспечения технологии открытых горных работ	18
A.A.Litvinova. The automated assessment of particle size distribution of the blown-up mountain mass at perfection of geological and surveying providing of technology of open mining works	
Г.П.Парамонов, В.В.Лисевич. Система автоматизированного проектирования параметров развала взорванной горной массы.....	23
G.P.Paramonov, V.V.Lisevich. The automated system of DESIGN OF PARAMETERS OF collapse of the blasted rock mass	
В.Г.Потюхляев, А.В.Зубов. Применение лазерной рулетки DISTO™D3A для разбивки монтажных осей.....	26
V.G.Potyukhlyayev, A.V.Zubov. Application of laser tape measure DISTO™ D3A for breakdown of assembly axes	
Н.Коли, У.Райх. Мониторинг в реальном времени устойчивости бортов карьера с помощью усовершенствованной радиолокационной технологии	31
N.Koli, U.Raykh. Monitoring in real time of stability of boards of final borders of the pit by means of advanced radar technology	
С.И.Котельников. Применение технологии лазерного сканирования для мониторинга нефтеналивных резервуаров	36
S.I.Kotel'nikov. Application of technology of laser scanning for monitoring of oil tanks	

– ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

– PROBLEMS OF MOUNTAIN GEOMECHANICS

М.А.Розенбаум, Ю.П.Коренной, Д.Н.Демёхин, А.Б.Соколов. Расчёт нагрузок на крепь горных выработок по весу пород кровли, заключенного в своде естественного равновесия 41

M.A.Rozenbaum, Yu.P.Korennoy, D.N.Demekhin, A.B.Sokolov. Calculation of loads on the support of mine workings by weight of roof rocks, confinder in the vault of natural equilibrium

Б.Т.Ильясов. Определение и проверка физико-механических параметров модели для расчетов методом конечно-дискретных элементов (МКДЭ) 44

B.T.Ilyasov. Determination and verification of physicomachanical parameters of model for calculations of method of final and discrete elements (MFDE)

Г.П.Парамонов, В.В.Должиков. Повышение качества подготовки горной массы к выемке на основе учета пространственного временного формирования поля напряжений 49

G.P.Paramonov, V.V.Dolzhikov. Improvement of quality of preparation of mountain weight for dredging on the basis of the accounting of spatial temporary formation of the stress field

– ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ.....

– PROBLEMS OF MOUNTAIN EDUCATION

В.Ж.Аренс. О горной науке, её структуре и классификации 52

V.Zh.Arens. About mining sciences, its structure and classification

А.И.Маркеев. Правовая подготовка горных инженеров в процессе обучения в вузе..... 59

A.I.Markeev. Legal training of mining engineers in the course of training in higher education institution

И.И.Ерилова. Динамика развития электронного образовательного проекта обучения дисциплинам «геодезия» и «маркшейдерия» студентов горных специальностей 63

I.I.Erilova. The geodesy & mine surveying online education project dynamics for the mining professions students

– НАША ПАМЯТЬ..... 68

– OUR MEMORY

– ИНФОРМАЦИЯ..... 69

– INFORMATION

ТЕОРИЯ БОРТОВЫХ СОДЕРЖАНИЙ (Часть 1)

В основе данной статьи лежит работа Тейлора (H.K.Taylor "General background theory of cut off grades"), опубликованная в 1972 г. Автор данной статьи поставил перед собой задачу познакомить российских горных инженеров с этой и работами других авторов в связи с тем, что горный бизнес в Российской Федерации ведется в условиях рыночной экономики и специалисты горных предприятий должны владеть всеми инструментами, позволяющими повышать эффективность горного производства. Так как изложение теории бортовых содержаний занимает очень большой объем, то автор данной статьи позволил себе разбить ее на две части, сократить и несколько модернизировать ее изложение.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: бортовое содержание; среднее содержание; тоннаж; рудные запасы; минеральные ресурсы; планировочные кондиции; эксплуатационные кондиции.

Yu.A.Malyutin

BASES OF THE THEORY OF ONBOARD CONTENTS (Part 1)

Taylor's (H.K.Taylor "General background theory of cut off grades") work published in 1972 is the cornerstone of this article. The author of this article has set for himself the task to acquaint the Russian mining engineers with this and works of other authors because mountain business in the Russian Federation is done in the conditions of market economy and specialists of the mountain enterprises have to own all tools allowing to increase efficiency of mining. As the statement of the theory of onboard contents occupies very large volume, the author of this article has dared to break it into two parts, to reduce and to modernize the statement.

KEY WORDS: onboard contents; average content; tonnage; ore stocks; mineral resources; planning standards; operational standards.



Теория бортовых содержаний основывается на двух рабочих принципах: безубыточности и сбалансированности. Выбор бортового содержания эквивалентен выбору количества руды, которая будет переработана на обогатительной фабрике [1].

Прежде чем перейти к изложению основ теории бортовых содержаний, необходимо дать некоторые пояснения к пониманию основных широко используемых в настоящее время терминов в горнорудной практике.

Некоторые определения

Минеральные ресурсы – это концентрации полезных компонентов в недрах, представляющие экономический интерес в такой форме и количестве, что существуют перспективы возможной промышленной их отработки. Они разделяются на оцененные (measured), выявленные (indicated) и прогнозные (inferred) ресурсы.

Рудные запасы – рентабельно извлекаемая часть оцененных или выявленных минеральных ресурсов, подразделяются на доказанные (proved) и вероятные (probable) запасы. **Руда** представляет собой минеральные скопления, имеющие актуальный или потенциальный экономический интерес.

Безубыточное (или рентабельное) содержание компонента в руде – это такое содержание, при котором извлекаемый доход полностью точно равен горным затратам, затратам на обогащение и затратам на продажу и маркетинг (то есть затратам на комплекс мер по изучению спроса и сбыта продукции).

Бортовое содержание (cut off grade) – любое содержание для любых заданных технических условий для двух действий: для отправления горной массы на дробление на обогатительную фабрику, в отвал или на склад. Так же можно использовать бортовые содержания для разделения минерализованной гор-

ной массы по классам содержаний содержащихся в ней компонентов.

Вскрышные породы разделяются на породы, в которых отсутствуют полезные компоненты, и минерализованные породы, в которых содержание компонента может быть просто ниже бортового содержания.

Потери – часть минерализованной массы с содержанием компонента выше бортового содержания, которая по технологическим и экономическим причинам или остается в недрах, или отправляется ошибочно в отвальные породы, или ошибочно складировается среди забалансовых руд. Так же к **потерям** можно относить и сами забалансовые руды (минерализованную массу с содержанием ниже бортового содержания), так как в любом случае существует вероятность их переработки в будущем при более благоприятных экономических или технологических условиях.

Разубоживание – контролируемое или неконтролируемое при отработке месторождения по экономическим и технологическим причинам смешение руд с минерализованной массой с содержанием компонента, ниже бортового, или с породой, в которой отсутствуют полезный компонент. В первом случае нет необходимости пересчитывать содержания компонентов на флангах рудных тел для учета разубоживания, так как при блоковом моделировании при интерполяционных процессах достигается некоторое сглаживание, а в интерполяции всегда участвуют все пробы (с содержанием выше «естественного» борта). Во втором случае для учета разубоживания необходимо пересчитывать содержания компонентов на флангах рудных тел, так как технологически невозможно обеспечить нужную селективность при добыче руд.

В настоящее время в нашей стране существует необходимость дать более полное определение главному кондиционному показателю – **бортовому содержанию**, так как на практике многие горнорудные предприятия не любят часто пересматривать

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

кондиции, что может в некоторых случаях негативно отражаться на финансово-экономических показателях их деятельности. На практике многие горнодобывающие предприятия динамически изменяют бортовые содержания, реагируя на изменение цен на мировых биржах, которое отражается в контрактах, на изменение производительности фабрики или карьера, на изменение затрат на добычу и переработку и изменение качества обрабатываемых руд. В других случаях качество руды, поставляемой на фабрику, является таковым, что изменение цен на металлы и изменение затрат не влияет на выбор бортового содержания. Бортовое содержание ежедневно используется при добыче на горных предприятиях, и от правильного выбора бортового содержания зависит, какая часть горной массы будет пригодна для переработки на обогатительной фабрике, а какая часть будет непригодной. Так действует система селекции, и результаты применения этой системы отражаются в финансово-экономических показателях действующих горно-рудных предприятий.

Общие положения действующей консервативной теории бортовых содержаний

В нашей стране достаточно долго используются для выделения руды в извлекаемой горной массе два показателя: бортовое содержание, которое необходимо для определения контуров рудных тел, и минимальное промышленное содержание, рассчитываемое для крупного блока руды, добыча из которого будет продолжаться длительный период времени (от полугода до одного года и более). В основном эти показатели единожды определяются в планировочную стадию и утверждаются государственными органами. В международной практике для выделения минерализованной массы на разрезах используется понятие «естественного борта» [2]. Далее весь объем минерализованной массы разбивается на элементарные блоки, размер которых в основном зависит от параметров разведочной сети, и содержание полезных компонентов в пробах интерполируется в середину каждого элементарного блока. Это позволяет получить распределение компонентов в пространстве. Для выделения руды в минерализованной массе используется понятие «cut off grade», которое переводится как «бортовое содержание» [3] и относится к элементарному блоку в блоковой модели. Количество и качество руды зависит от бортового содержания извлекаемого компонента, при котором доход эквивалентен всем производственным затратам. С этого рассчитанного уровня бортового содержания добыча всех минеральных концентраций с более высокими содержаниями полезных компонентов является прибыльной. Доход от всех добываемых руд должен перекрыть все общие рабочие затраты, включая накладные расходы и расходы на развитие. В этом случае рентабельная деятельность предприятия зависит только от законного легитимного бортового содержания, и все руды с содержанием выше бортового автоматически становятся официальными балансовыми запасами месторождения. Добыча руды на месторо-

ждении должна быть наиболее полной, среднее содержание в добываемой руде должно почти точно соответствовать среднему содержанию в разведанных и утвержденных в государственных органах рудных запасах. При расчете бортового содержания все капитальные затраты или инвестиции не принимаются во внимание. Традиционная консервативная теория бортовых содержаний представляется как идеально сбалансированная, уравновешенная система, хотя теория и практика в значительной степени расходятся. Некоторые негативные аспекты традиционной теории заслуживают немедленного внимания. Очевидно, что никто не будет по собственной воле добывать в недрах ограниченное количество минерализованной массы, которое приведет к финансовым потерям. С другой стороны неправильно, что вся рудная масса должна просто выбираться для переработки, так как это означает при рыночной экономике игнорирование дохода. Важно, что только руда, обособленно выделенная в добываемой минеральной массе, представляет ценность для получения прибыли в противовес убыткам. По этим причинам простая безубыточная система подверглась критике и модификации почти во всех горнодобывающих странах мира.

Некоторые проблемы и ограничения традиционной теории.

Фундаментальные проблемы

При применении традиционной теории может возникнуть конфликт с необходимостью иметь несколько уровней бортовых содержаний, например, для однородных рудных тел и в их крайних латеральных областях, для взорванной разубоженной руды в крупных горных системах отработки и для разделения уже вынутых карьером минерализованных пород, с содержанием ниже бортового. Может обязательно возникнуть конфликт между структурой распределения содержаний компонента в руде, затратами и доходом. При идеализации безубыточный уровень бортового содержания легко определяется, когда отношение бортового содержания к среднему содержанию и отношение затрат к доходу становятся равными, хотя часто это невозможно. Другие трудности, чисто математические, возникают, когда к блокам с содержанием, выше бортового, технологически необходимо присоединять при добыче блоки с некоторым более низким бортовым содержанием, то есть включать их в рудный контур через приемлемое приращение к пограничному блоку.

Колебания цены выпускаемой продукции и ассоциированные проблемы

Если цена выпускаемого продукта увеличивается, то бортовое содержание, наоборот, уменьшается. Если бортовое содержание снижать, то среднее содержание опускается незаметно, по чуть-чуть, но после переработки руды будет получено меньшее количество продукта, что вероятно происходит из-за стабильного перерабатываемого количества руды. Разумно считать, что добыча руд при высокой цене приводит к прибыли, которая может быть не достигаема при низкой цене. В дальнейшем, если цена продукта

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

вернется к прежней цене, то предыдущий низкий уровень бортового содержания вырастет и в связи с этим вырастет количество выпускаемого продукта. Но будет ли достигнута реально большая прибыль?

С другой стороны, наибольшая прибыль получается в результате продажи наибольшего количества продукта при наиболее высокой цене, тогда как долговременный убыток получается при добыче и переработке руды с низким содержанием. Прибыль от добычи и переработки руды с низким содержанием компонента в период высоких цен всегда меньше, чем прибыль от уменьшенного ограничением бортового содержания некоторого количества руды с высоким содержанием компонента в последующий период низких цен. Так как при высоких ценах имеется тенденция привлекать большее количество выпускаемого продукта на продажу, необходимое условие здесь иметь недостаток резервных обогатительных мощностей, что будет служить препятствием увеличению бортового и среднего содержания в руде.

Проблемы определения затрат

Затраты можно разделить на капитальные и рабочие. Рабочие затраты направляются на подготовку к отработке и переработке новых руд и могут частично рассматриваться как затраты, которые могут быть возвращены ожидаемым доходом. Рабочие затраты разделяются на фиксированные и переменные затраты, когда процент добываемых руд изменяется.

Колебания выпускаемой продукции

Политика бортовых содержаний базируется на статическом анализе безубыточности при удовлетворяющем условии, что затраты на добычу и обогащение находятся в обоснованном и продолжающемся длительном периоде балансе. Требуется глубокая корректировка или сильные изменения, которые могут быть необходимы, если ценность руды падает, или если баланс изменяется в связи с планируемым расширением работ или их сокращением (в том числе и по контракту).

Типы бортовых содержаний.

Основные замечания

Бортовые содержания используются для определения количества добываемых руд, для определения количества руд, взятых из добытых руд на переработку, или, другими словами, для определения количества руд, из которых получается финальный продукт (концентрат). Простые типы бортовых содержаний устанавливают контроль качества руд, что важно для руд с физически высокими содержаниями, например, таких как железные руды, руды хромитов, магнезитовые руды и другие, которые настраиваются так, что минимально допустимые средние содержания в рудах достигаются. С другой стороны, максимальные значения вместо минимальных часто используются для контроля над примесями, что, по существу, является схожим с контролем качества руд. Часто пространственные ограничения препятствуют адекватному выделению руд в случае многокомпонентных залежей. В этом случае могут использоваться эквивалентные расчеты при определении бортового

содержания.

Планируемые и действующие (эксплуатационные) бортовые содержания

В течение разведочных работ и на различных стадиях после старта добычи бортовые содержания позволяют ограничивать пространственно и количественно потенциальные количества руд. Это делается как для создания геологических резервов и их управления, подсчитанных без детализации и принимаемых во внимание при создании горных конструкций, так и в последующем для преобразования их в извлекаемые запасы в технико-экономическую стадию. Важная цель - сделать точный прогноз общего количества руды, которое может быть через некоторое время добыто и переработано. Такое бортовое содержание можно назвать планируемым бортовым содержанием, зависящим от расчетов по аналогии или определенных с помощью аналогичных горных операций в других местах. Определение эксплуатационных бортовых содержаний необходимо после старта добычи на месторождении для решения основных задач на короткой дистанции, когда они позволяют отделять недобытые рудные запасы или уже разделять взорванную горную массу на руды и пустые породы.

Недостатки планирования

Планируемые бортовые содержания имеют отношение главным образом к общим запасам руд, тогда как эксплуатационные бортовые содержания используются для руд, находящихся в эксплуатационной готовности. Намного больше имеется работ о планировании, возможно, потому что новое горное планирование появляется на фоне большой свободы, будущая история проектов - целиком теоретическая и зависит от многочисленных предварительных условий, подчиняющихся математическим манипуляциям. Эта свобода возможно иллюзорна, так как на практике планирование происходит от начальной точки, и все предполагаемое согласовывается с номером года - точкой отсчета у планировщика, будущего, в котором много предварительно созданной лжи об оптимальном получении прибыли. Действующая точка отсчета наиболее важна, потому что только существовавшие на это время расчеты бортовых содержаний актуальны. Эти расчеты делаются для того, чтобы группа планировщиков смогла точно определить размеры, основную производительность и оборудование для нового предприятия, но они не смогут установить правильно детали операций из-за позиции точки отсчета. Предварительные кондиции, выступающие как обоснованные во время планирования, могут быть почти незначимы при эксплуатации месторождения.

Значимость эксплуатационных кондиций

Строгий контроль безубыточности осознается всеми только при одном бортовом содержании при любом планировании или производстве. Согласно рентабельности устанавливается рабочее бортовое содержание, от которого рассчитывается среднее содержание и достигаются доход и прибыль. Для этого потребуется выполнение нескольких условий, кото-

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

рые могут быть не обязательно выполнимыми на практике:

а) допускается возможность свободного выбора руды, дающего естественно возможность появления среднего, регулярно достигаемого;

б) предполагается, что объединённые затраты в значительной степени постоянны и не зависят от уровня бортового содержания;

в) подразумевается, что единственная цель - получение максимального суммарного дохода в течение всего суммарного срока жизни предприятия;

г) подразумевается, средний уровень дохода должен удовлетворять поручителя используемых капиталов или соответствовать принятым финансовым обязательствам.

Несмотря на то, что эксплуатационные кондиции часто обосновываются, они не могут сильно различаться. Примером может служить разработка месторождения Витватерсранд (ЮАР), когда функционирующие кондиции оставались почти неизменными на протяжении длительного периода времени. Правительственные законы требуют максимального продления жизни добычи и максимальной валовой прибыли, а эксплуатация происходит под управлением определенного подходящего среднего содержания. Схожие условия применяются при добыче руд жильного типа золота и других металлов. Эта ситуация изменилась в связи с увеличивающимся использованием преимущественно интенсивных валовых методов добычи под землей и при открытых работах. Современные системы разработки месторождений строго последовательны и непрерывны, характеризуются, таким образом, крайне маленькими резервами полностью пригодных к эксплуатации руд и имеют по своей сути самый низкий уровень маневренности. Здесь есть необходимость дать краткий анализ типов разработок месторождений, различающихся некоторыми особенностями.

Различные типы месторождений с точки зрения их оценки, разведки и добычи

Возможно выделить три типа разрабатываемых месторождений в соответствии с природой и однородностью минерализации с точки зрения требований к их разведке, оценке и методам обработки.

К типу (А) разрабатываемых промышленных месторождений относятся месторождения, рудные тела в которых представлены тонкой и часто беспорядочно расположенной неравномерной минерализацией, которая протягивается на значительное расстояние по простиранию и наблюдается большой разброс углов падения от горизонтального угла до вертикального угла. Большое значение для корректировки положения рудных тел имеет отбор проб через небольшие интервалы, что улучшает контроль над добычей и создаются условия для правильной оценки развития эксплуатационных работ. Выявленные имеющиеся рудные запасы могут быть пригодны для отработки в течение нескольких лет и выявлены с необходимой уверенностью для публичных деклараций. Ведение горных работ на подобных месторождениях

обычно характеризуется значительной трудоемкостью и проводится с большой гибкостью. Примерами являются отработка тонких жильных месторождений золота, отработка золотых рифов Витватерсранда (ЮАР), отработка метасоматических залежей свинцово-цинковых месторождений, представленных мощными, но, тем не менее, неравномерными горизонтально протягивающимися телами. Из-за большой мощности минерализации они пригодны для добычи самоходным оборудованием. В большей степени требуется оценка развития добычных работ, но особенно важна оценка для мест, где будет отбиваться руда.

К типу (В) разрабатываемых промышленных месторождений относятся месторождения основных (не благородных) металлов, пригодных для подземной отработки. Рудные тела в них пластообразной формы, мощностью, превышающей 6-7 м, сформированы массивными, реже мелковкрапленными, неравномерно залегающими рудами. Они занимают большую долю внутри окружающих пород и во всех случаях имеют большой вертикальный размах. Характер минерализации обычно постоянный, и обычно для оценки запасов способы отработки не требуются. Разработка происходит исключительно от границ рудной залежи к стволу или отступающим забоем методом обратного хода и характеризуется небольшим продвижением во времени выработок с открытым очистным пространством или с обрушением. Итоговая сумма рудных запасов, как указанная, заслуживает доверия согласно данным бурения и часто огромна по размеру. Но поскольку добыча происходит строго последовательно, эксплуатируемые руды в текущий момент количественно ограничены, и вследствие этого запасы характеризуются слабой детальностью изучения с минимальным разделением рудных пачек для селективной добычи, размер которых очень большой. Примером является подземная разработка месторождений медистых песчаников.

Тип (С) разрабатываемых промышленных месторождений включает медно-молибденовые порфировые месторождения, обрабатываемые открытым способом. Рудные залежи представлены массивными рудами с неравномерной минерализацией. Обычно богатая минеральным материалом середина окружена минерализацией с низким содержанием компонентов, которое уменьшается к периферии до фоновых содержаний. В вертикальном и горизонтальном направлении залежь протягивается на несколько сотен метров часто без ясных геологических границ. В этом случае есть необходимость в насыщенном оценочном бурении с поверхности, поскольку руды с низким содержанием могут добываться только из экономических соображений открытым способом. Разработка таких месторождений происходит со значительными капитальными вложениями (инвестициями). Для обеспечения лучшей селективности при добыче рекомендуются взрывные работы на уступах, что приводит к весьма удовлетворительным результатам.

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Стадии жизни разработки

Горные проекты начинаются с оценки перспективных неизученных и неразбуренных площадей и заканчиваются проектами отработки месторождений и проектами ликвидации рудников. Продолжительность горного проекта может быть разделена на семь

отчетливых стадий, три из которых относятся к периоду до выпуска продукции (табл.1). Финансирование производства может быть частично обеспечено взятием кредита, и погашение долга занимает видное место в ранний период производства продукции.

Таблица 1

Стадии горного проекта	Характеристика стадий
Стадии исследований до выпуска продукции	
1. Геологические исследования с помощью бурения скважин и проходки горных выработок	Геологическое изучение и опробование керна разведочных скважин и стенок горных выработок для оценки геологических ресурсов месторождения
2. Инженерные исследования	Оценка рудных запасов, на основе благоприятных завершенных технико-экономических исследований, согласованных с финансовыми экономистами
3. Финансирование и строительство	Инвестирование в строительство горного комбината и обогатительной фабрики
Старт производства (добычи)	
4. Ранний период выпуска продукции	Наращение погашения долга, появление тяжелых платежей
5. Средний период выпуска продукции с возможностью расширения добычи низкосортных руд (руд с низким содержанием)	Увеличение производительности с расширением добычи низкосортных руд
6. Поздняя стадия выпуска продукции	Завершение успешной эры производства
7. Годы заката или окончания выпуска продукции	Прекращение производства, ликвидация имущества

В пятой стадии денежные потоки продолжают распределяться так же, хотя и снижается бремя больших платежей банку. В эту стадию можно согласованно уменьшать бортовое содержание, что компенсируется выгодой от расширения масштабов производства. После шестой стадии благоприятная длительная успешная эра производства приходит к неизбежному периоду снижения, в котором отмечается необеспеченность новыми рудами, уровень производительности рудника по выпуску продукции неуклонно снижается. Эксплуатация продолжается с постоянно уменьшающимся количеством руды до той степени, пока наличная выручка не окажется с отрицательным знаком. При таких обстоятельствах предыдущее бортовое содержание необходимо заново устанавливать расчетами и заново осуществлять планирование для решения специальных проблем конца производства и его завершения.

Точки выбора бортовых содержаний

Для правильной оценки подземных рудников типа А требуется предусматривать широкое развитие в будущем больших порционных объемов очистных работ и, следовательно, нужно иметь (в результате разведочных работ) высокий уровень экономически обоснованных запасов. Бортное содержание соответственно определяется как ограничитель. Эксплуатационные бортовые содержания необходимо постоянно сравнивать с рассчитанным ранее на планировочной стадии прежним бортовым содержанием для определения запасов. Использование незначительно отличимого бортового содержания от прежнего бортового содержания, которое существует наряду с ним, способствует отбору дополнительного материала для обогащения из уже разрушенного разработкой

горного участка.

При разработке промышленных месторождений типа В при разработке руд требуется приготовление закладочного материала почти до полной закладки или проводится разработка ранее оцененного участка с обрушением. При такой разработке рудных участков увеличиваются ликвидационные затраты из-за того, что разработка этих участков получается почти всегда окончательной. Первый раз для выбора бортового содержания находится решение, как правило, до горно-подготовительных работ и в ряде случаев раньше развертывания производства, но все равно это решение не свободное и до известной степени учитывает предстоящие затраты последующих работ. Благодаря большим размерам выбираемых участков, содержания в них имеют низкую дисперсию. По этой причине бортовое содержание может практически служить только для очерчивания контуров главных рудных зон. Разработка этих месторождений отличается от других наличием двух бортовых содержаний, включаемых последовательно на одном и том же материале: до разработки используется бортовое содержание руд в массиве и затем используется бортовое содержание для взорванных руд.

В промышленных месторождений типа С, разрабатываемых открытым способом, некоторым образом используются бортовые содержания при прогнозировании возможного ограничения проектного контура карьера и для наилучшей последовательности отработки. Главное действующее, эксплуатационное бортовое содержание устанавливает долю уже разрушенных или готовых к разрушению пород, идущих на дробление. На рис.1 показана диаграмма последовательности расчетов бортовых содержаний для месторождений типа С.

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

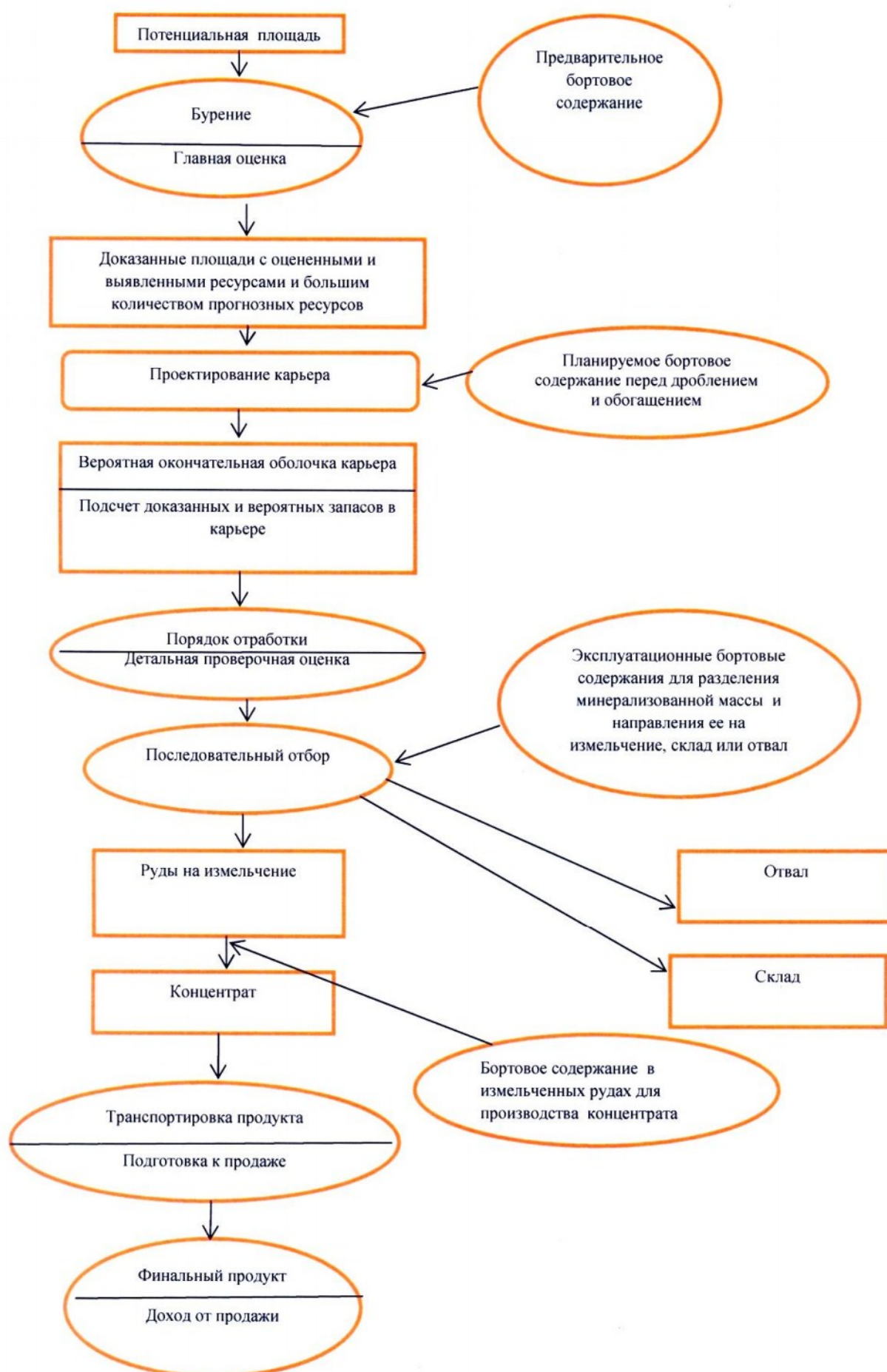


Рис.1. Добыча открытым способом массивных или рассредоточенных руд для месторождений типа С

Прикладная теория

Распределение средних содержаний в выборках из нормально распределенных данных опробования является так же нормальным и ограничено дисперсией. Распределение средних содержаний в выборках, состоящих из логнормально распределенных вели-

чин, имеет тенденцию быть логнормальным и ограничено логарифмической дисперсией. Популяция содержаний в выбираемых обрабатываемых участках будет иметь меньшую дисперсию, чем в исходных данных опробования. Если логарифмическая дисперсия находится ниже 0.1, то имеется небольшое прак-

тическое значение из-за различий между логнормальным и нормальным распределением. Среди небольшого количества приведенных характеристик логнормального распределения едва ли не самым главным является превосходная линейная связь между средним содержанием в пробах выше бортового (G) и бортовым содержанием (Z) для всех бортовых содержаний выше геометрического среднего (Θ).

Эта линейная связь справедлива для 50% не усеченных популяций и в значительно большей пропорции при более высоких содержаниях и имеет широкое распространение на практике на медно-молибденовых порфировых месторождениях.

Экспоненциальная связь тоннажа и содержаний

Связь тоннажа и содержаний устанавливается из экспоненциального уравнения, преобразованного в общий вид $T = Ke^{-bG}$, где T и G – тоннаж и среднее содержание выше бортового содержания, а K и b – константы. Эта связь известна и признана некоторым количеством авторов, но эта связь в принципе имеет ограничение, так как можно легко показать приравнение G к 0, а оставшийся тоннаж будет равен K.

Позиции бортовых содержаний

Если распределение лишь незначительно асимметрично и бортовое содержание становится ниже хвостовых содержаний, изменяется небольшое количество тоннажа или содержания. Отработка месторождения инертна по отношению к вариациям бортового содержания, и точное определение бортового содержания не возможно и не критично. Более часто бортовое содержание делается около или выше медианы, где тоннаж зависит от пропорционально высокого применяемого градиента. Обе переменные имеют важное практическое значение. Если применяемое бортовое содержание обусловлено модой, контроль над качеством наихудший из-за превосходства маргинальных проб (проб с низкими содержаниями) или их объединений. Вырисовывающиеся участки из общей, лежащей в основе, популяции большого размера имеют более низкую дисперсию в содержаниях. Неусеченное среднее остается постоянным с увеличением размера участка и большего тоннажа при фиксированном бортовом содержании, лежащем ниже медианы, и незначительно изменяется, если бортовое содержание выше. В любом случае принятие более низкого содержания в руде и отделение большего количества руды от породы всецело зависит от позиции бортового содержания.

Экономический контроль. Анализ затрат

Горные проекты учитывают два вида затрат: капитальные (разовые) затраты и эксплуатационные. У первых основное расходование средств фиксируется перед началом добычи – это самый главный ценный вклад в развитие производства, выполненный до старта выпуска продукции на руднике, тогда как эксплуатационные затраты продолжаются в течение всего срока рентабельной эксплуатации.

Капитальные затраты обычно расходуются на установку эксплуатационного оборудования, в то время как эксплуатационные затраты обеспечивают

работу этого оборудования. Деньги, потраченные на капитальные вложения, редко могут быть возвращены заемщику средств в этот же год. Капитальные затраты делаются задолго до начала работы оборудования и их можно назвать авансовыми затратами или инвестициями. Некоторые необходимые в конкретных случаях затраты в любой из стадий горного процесса могут направляться для замены оборудования, но их природа остается, как и у авансовых затрат.

Эксплуатационные затраты разделяются на фиксированные затраты и переменные затраты. Длительные по времени фиксированные расходы рассматриваются как масштабные затраты, установленные в соответствии с показателями добычи и переработки руд, но которые впоследствии устойчивы в течение времени. Обычные примеры устойчивых затрат – это административные и офисные услуги, затраты на спускоподъемные операции, затраты на большую часть откатки горной массы, затраты на вентиляцию и откачку воды в подземных рудниках. Уровень расходования этих затрат считается постоянным, несмотря на кратковременные колебания в уровне добычи руды. Переменные затраты зависят напрямую от уровня добычи руды, перерабатывающих ее процессов и устанавливаются на единицу выпускаемой продукции. Все затраты можно разделить на несколько видов:

- авансовые затраты, наилучшим способом выражаются как совокупные затраты или затраты на единицу материала, доступного для отбора;
- переменные эксплуатационные затраты на добычу руды, выражаются как затраты на единицу добытой руды;
- переменные эксплуатационные затраты на продукцию, выражаются как затраты на единицу сделанного продукта (часто в целях удобства трактуются в виде вычитания из общего дохода);
- фиксированные эксплуатационные затраты, которые выражаются в единицу времени.

Амортизационные отчисления не являются частью денежного потока, хотя действительно являются частью эксплуатационных затрат, учитываемых бухгалтерской отчетностью и налогами. Физический износ оборудования учитывается в конце его нормативного срока службы и вызывает необходимость его замены. Денежные расходы на замену оборудования становятся авансовыми расходами перед получением прибыли. Одним из показателей эффективности производства является расчет процента за использование привлеченных или аккумулированных средств. Доли погашения долга наилучшим образом рассматриваются как пропорциональные платежи относительно прибыли. Разнообразные налоги и НДС почти всегда прямо или скрытно приписываются к эксплуатационным расходам. Налог на прибыль корпораций напрямую не оказывает влияния на расчет бортового содержания, однако налог на прибыль – это затраты инвестора, а это может быть фактором, оказывающим влияние на ожидаемое среднее содержание и, соответственно, бортовое содержание. Неко-

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

торые разновидности налогов снимаются с дохода, и истощение добываемых ресурсов приводит к экономии налоговых выплат, а сумма, сэкономленная за счет уменьшения налоговых платежей, эквивалентна сумме прибыли, получаемой за счет увеличения цены на продукт для части выпускаемой продукции, если обычная (средняя) прибыль превышает минимальный уровень. Таким образом, здесь возможно снижение минимального содержания, и необходимым условием для этого служит включение механизма управления рентабельным содержанием.

Прибыль

Прибыль может быть определена несколькими, очень крайними в широком диапазоне, смыслами. В данном случае имеется в виду положительный денежный поток, после компенсации эксплуатационных затрат, но перед снятием процентов на амортизацию или на налоги. В некоторых случаях минимальный уровень прибыли может быть желательным, но он не сможет удовлетворить денежные обязательства, то есть реальные затраты компаний. Желательный уровень прибыли - это наибольший уровень, который будет достаточным для учета всех неизбежных налогов (расходов), которые могут всплыть только при управлении горным производством от начала до его конца. Доход постепенно возрастает по мере отработки руды в горном процессе, но важная проблема с доходом в точности отбора или отклонении участков добычи по бортовому содержанию. При прочих равных условиях выбор должен базироваться на принципе безубыточности или принципе минимального дохода. И тот, и другой в том числе подразумевают выбор благоприятной группы из ряда участков, обладающих индивидуальной доходностью. Если любой доход или минимальная прибыль на единицу продукции облагается налогом, то это оказывает воздействие в равной степени без нарушения ранжирования участков по их доходности. Обложение налогом вследствие этого не вызывает трудности в выборе участков. Следовательно, только доход прямо влияет на решения по отбору руды.

Связанность денежными обязательствами не влияет при добыче на отбор руды по иному, чем взнос в сокращение задолженности. Получение прибыли от акционерного капитала имеет присущий нижний приоритет, чем погашение долга, несмотря на то, что это может быть предметом сделки. Желательная прибыль может быть минимальной приемлемой прибылью в планировочную стадию, но неверно обеспечивать соблюдение этого на стадии эксплуатации. Это приводит к следующим выводам: 1) категорию безубыточного содержания устанавливает нижний предел бортового содержания; 2) бортовое содержание, может быть, нужно установить выше для достижения некоторого минимума желательного среднего содержания.

Ориентиром горной политики может быть максимизация текущего значения валовой прибыли или удельной прибыли во времени, или достижение максимума настоящей стоимости (NPV). Но невозможно

добиться реальной максимизации настоящей стоимости с бортовым содержанием, которое постоянно во времени. Практические требования для максимизации настоящей стоимости строго зависят от одного кондиционного условия, которое может отбраковывать руды, затем их реабилитировать, то есть делать их снова рудами. Максимизация дисконтированной стоимости от старта разработки - это также и непрерывное с этого времени достижение заинтересованности в получении в каждом случае максимальной прибыли или максимального дохода за единицу времени. При определенном экономическом давлении, бортовое содержание обычно поднимают на более высокий уровень, при котором заполняется рудой обогатительная фабрика. Математический эффект от дисконтирования неизбежно приводит к здравому протесту относительно того, как быстро сокращается прибыль. Масштаб этого сокращения прибыли при большом сроке времени отработки месторождения значительно уменьшается и касается только рудников типа А. Так как срок эксплуатации рудника зависит от концентраций компонента на имеющихся в наличии рудных участках, в которых содержание постепенно снижается и бортовое содержание должно, в конце концов, уменьшаться постепенно, но на устойчивую величину.

Предложенный путь концептуально прост. К фиксированным затратам на добычу и переработку руд в течение любого из периодов отработки месторождения прибавляются накладные (общезаводские) затраты, эти статьи расходов тождественны прибыли за этот период с учетом дисконтного коэффициента. Отдельно рассматривается, что возможные затраты могут появиться от добычи руд с низкими содержаниями, когда руды с высокими содержаниями еще есть в наличии и они доступны для добычи. Остаточная настоящая стоимость количественно снижается, но не так существенно, как срок отработки рудника, следовательно подразумевается, что возможные затраты при любом бортовом содержании должны быть покрыты (прибылью) и они должны соответственно снижаться с течением времени.

Финансовые цели

Если в предстоящих расходах предусматривается соотношение собственного и заемного капитала, необходимо менять производственные режимы. Когда финансирование производства происходит в значительной степени в связи с заимствованием денег, возвращение кредита непосредственно управляет рискованным начинанием, и платежи осуществляются в раннюю стадию. Когда производство запущено, запланированные цели должны оставаться реалистичными для оператора, который, следовательно, будет приспособливать бортовое содержание по мере необходимости для их достижения. Различные частично перекрывающиеся практические цели могут быть расположены в приблизительном порядке от требований к доходу:

1) максимальная прибыль за период времени, не обращая внимания на последствия;

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

2) предусмотренная заранее прибыль за период времени для необходимой скорости погашения долга;

3) предусмотренная заранее прибыль за период времени для желательного распределения ее для держателей акций;

4) снижение прибыли за период времени для предполагаемой максимизации остающейся дисконтированной стоимости;

5) естественно возникающая прибыль за период времени для предполагаемой максимизации не дисконтированного дохода за время работы предприятия.

Проблема изменяющихся цен на продукцию

Цена продукции наиболее важная, но наименее предсказуемая переменная, влияющая на степень рискованности горного проекта. В результате изменения цены на продукцию, тем не менее, прибыль может быть в конкретный момент времени принесена в жертву из-за снижения бортового содержания при высокой цене, так как максимум прибыли будет получаться из-за продажи максимального количества продукта при этой высокой цене. При постоянных затратах, больший доход получается при переработке компонентов с высоким содержанием во время высоких цен, а переработка бедных руд откладывается на потом, и так происходит более часто, чем наоборот. В результате вытекает простое математическое неравенство: если $a > b$ (два содержания) и $r > q$ (две цены), то $ar + bq > br + aq$.

Хотя, если даже перенос на более поздний срок переработки бедных руд, возможно, и приведет к увеличению прибыли, то при закрытии горного производства или его консервации она будет фактически бесспорно уменьшаться. Любая попытка посчитать баланс (и тот, и другой) проблематична, сложна и без практической пользы. Только в случае, если прямые эксплуатационные потери могут быть предотвращены, то противоположный случай дает основание предполагать, что бортовое содержание выбирается ниже с целью сохранения более богатых руд для

предстоящих лучших времен. Этот рецепт нестандартный, хотя и обоснованный, но это часто невыполнимо, потому что затраты имеют тенденцию следовать за увеличением цены на продукцию и остаются высокими, когда цена на продукцию падает. Только очень общие выводы можно логически сделать, о том, что отработка месторождения должна быть очень взвешенной, относительно снижения бортового содержания, когда цена растет, предполагая, что это временное явление. Индивидуальное реагирование должно зависеть в целом от конкретных условий и предположений относительно будущего. Изменение цен неотделимо от общей схемы инфляции. Свободная торговля металлов, в том числе такого металла как медь, сопровождается увеличением цен и их падением с неровными гармоническими колебаниями поперек линии тренда инфляции. Законы в некоторых странах в 20 веке требовали снижения бортового содержания, когда цена золота росла, впоследствии предусматривалось медленное повышение бортового содержания из-за инфляционных затрат. Принудительная политика имела цель максимизации производства золота, но сомнительно, что прибыль в постоянном денежном выражении в этом случае становится максимальной. Справедливо подвергать сомнению получение реальной прибыли от добычи почти убыточных запасов раньше, чем они могут стать непромышленными.

Продолжение статьи (часть II) в МВ №3 – 2016 г.

Литература

1. Taylor H.K. "General background theory of cut off grades". Manuscript received by the Institution of Mining and Metallurgy on 19 may, 1972. Paper published in July, 1972.
2. Малютин Ю.А. "Геолого-экономические основы горных проектов в рыночной экономике". Маркшейдерский вестник №2 -2014 г.
3. Малютин Ю.А. "Геологические основы трехмерного моделирования месторождений полезных ископаемых". Маркшейдерский вестник №5 – 2014 г.

Юрий Александрович Малютин, доцент, канд.геол.-минер.наук,
гл.спец. ОАО «Гипроцветмет», МГУ, Геологический факультет,
E-mail:office@giprocm.ru

Уважаемые коллеги!

Российская академия наук, Отделение наук о Земле, Научный совет РАН по проблемам горных наук, Российский фонд фундаментальных исследований, Институт проблем комплексного освоения недр РАН приглашают Вас принять участие в работе 2-й Международной научной школы академика К.Н. Трубецкого "Проблемы и перспективы комплексного освоения и сохранения земных недр". Школа проводится 20-24 июня 2016 г. в Институте проблем комплексного освоения недр РАН.

Основные направления работы школы:

- ♦ проблемы геомеханики и разрушения горных пород;
- ♦ совершенствование техники и технологии комплексного освоения месторождений твердых полезных ископаемых;
- ♦ управление производством, экономические и социальные проблемы комплексного освоения недр;
- ♦ техника безопасности и охрана окружающей среды.

Получить информацию об условиях участия можно на сайте www.ipkonran.ru, по тел.: (495) 360-54-17 – Красавин Александр Германович, E-mail: konf_trubetskoy@mail.ru.

Редакция «МВ»

УДК 528-482

М.Я.Брын, Н.Н.Богомолова

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ПОСТРОЕНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ХОДОВ ПОЛИГОНОМЕТРИИ

Произведен анализ точности элементов полигонометрических ходов при осуществлении избыточных измерений для обеспечения геодезического мониторинга подземной выработки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: маркшейдерские сети; геодезический мониторинг; транспортные тоннели.

M.Ya.Bryn, N.N.Bogomolova

RESEARCH OF ACCURACY OF CONSTRUCTION OF THE SURVEYING POLYGON TRAVERSE

The analysis of accuracy of elements of polygon traverse is produced during realization of excess measurements for ensuring geodetic monitoring of underground development.

KEY WORDS: surveying networks; geodetic monitoring; transport tunnels.



М.Я.Брын



Н.Н.Богомолова

Из множества вариантов методов создания маркшейдерских сетей наиболее популярным сегодня является метод полигонометрии, который зачас-

ных геодезических приборов. Точность маркшейдерской сети во многом зависит от ее геометрии и способа создания [1, 2, 3]. Для изучения этих закономерностей рассмотрим свободный полигонометрический ход (рис.1), проложенный от исходной стороны А-1 до пункта Р через вершины 1, 2...n, при которых равномерно измерены горизонтальные углы β_i со средней квадратической погрешностью m_{β_i} , а также равномерно измерены длины d_i сторон хода со средней квадратической погрешностью m_d .

тую реализуется при помощи современных электрон-

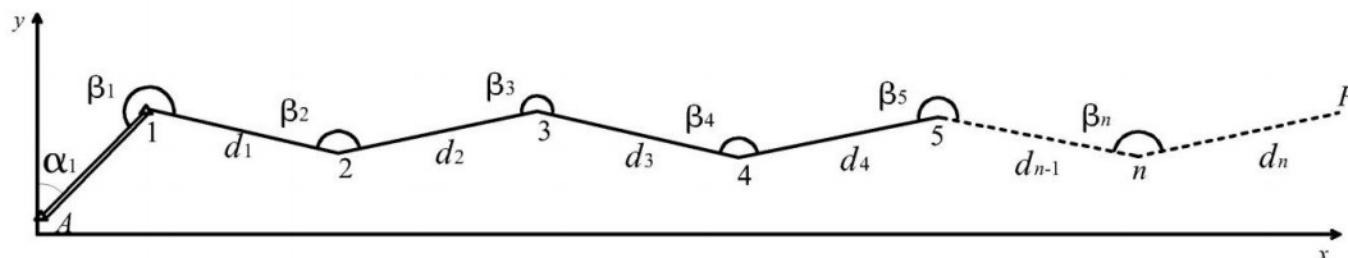


Рис.1. Свободный полигонометрический ход

Запишем формулы вычисления СКП положения пункта Р для этого случая

$$M_P = \sqrt{M_d^2 + M_{\beta}^2};$$

$$M_d^2 = M_{x_{\beta}}^2 + M_{x_d}^2; \quad M_{\beta}^2 = M_{y_{\beta}}^2 + M_{y_d}^2, \quad (1)$$

где M_d – продольный сдвиг пункта; M_{β} – поперечный сдвиг пункта полигонометрического хода.

Опираясь на выводы, полученные в [4, 5], запишем формулы для вычисления СКП положения пункта, при условии, что рассматриваемый ход имеет вытянутую форму и равные стороны, а ось x системы координат направлена по ходу:

$$M_P^2 = \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} L^2 \frac{n}{3} + nm_d^2. \quad (2)$$

Согласно [4], при условии, что полигонометрический ход опирается на две гиростороны и углы в ходе предварительно уравнены, для определения продольной и поперечной погрешностей хода, применяются формула:

$$M_P^2 = \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} L^2 \frac{n}{12} + nm_d^2. \quad (3)$$

Если ход является свободным, вытянутым и равносторонним, длина хода L из формулы (2) будет равна:

$$L = \frac{\rho}{m_{\beta}} \sqrt{\frac{3(M_P^2 - nm_d^2)}{n}}; \quad (4)$$

если ход опирается на две гиростороны, то

$$L = \frac{\rho}{m_{\beta}} \sqrt{\frac{12(M_P^2 - nm_d^2)}{n}}. \quad (5)$$

Рассмотрим возможные варианты производства дополнительных измерений при создании сети, которые могут повлиять на повышение точности элементов хода.

Предложим в качестве возможного варианта сети вытянутый равносторонний ход, в котором измерены дополнительные углы β'_{2i-1} , образованные направлениями на следующие за смежными пунктами сети вершины хода через одну точку хода (рис.2), и на последнем пункте измерен угол φ .

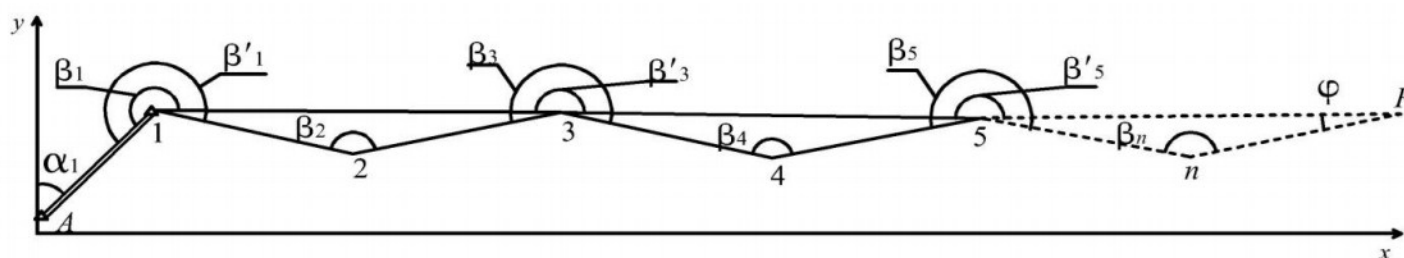


Рис.2. Равносторонний вытянутый полигонометрический ход с дополнительными измерениями углов «через один пункт»

Если число пунктов в ходе нечетное, то измеренные таким образом углы на каждом втором пункте сети порождают условие разности дирекционных углов:

$$\alpha_1 + \sum_{i=1}^{n-1} \beta'_{2i-1} \pm 180^\circ - \left(\alpha_1 + \sum_{i=1}^n (\beta_i \pm 180^\circ) \right) - \varphi = 0. \quad (6)$$

После несложных преобразований получим

$$\sum_{i=1}^n \beta_i - \sum_{i=1}^{n-1} \beta'_{2i-1} - \varphi = 0. \quad (7)$$

Примем за погрешность единицы веса СКП измерения угла, т.е. $\mu = m_\beta$.

После нахождения обратной весовой матрицы $Q_{(\beta, \beta')}$ уравненных величин размерностью $(1,5n+1) \times (1,5n+1)$, получим СКП угловых измерений $m_{\beta'} = m_\beta \sqrt{\frac{1,5n}{1,5n+1}}$.

Окончательно для вычисления погрешности положения пункта выведем приближенную формулу:

$$M_P^2 = \frac{1,5n}{(1,5n+1)} \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \frac{n}{3} + nm_d^2. \quad (8)$$

Тогда формулы для определения допустимой длины полигонометрического хода будут:

– для хода с дополнительно измеренными углами по схеме «через один пункт»:

$$L = \frac{\rho}{m_\beta n} \sqrt{2(M_P^2 - nm_d^2)(1,5n+1)}; \quad (9)$$

– для хода с дополнительно измеренными углами, опирающегося на исходный и конечный дирекционные углы:

$$L = \frac{\rho}{m_\beta n} \sqrt{8(M_P^2 - nm_d^2)(1,5n+1)}. \quad (10)$$

Предложим другой вариант развития сети. Пусть в равностороннем вытянутом полигонометрическом ходе через один пункт измерены стороны, образованные тремя смежными пунктами (рис.3). Рассмотрим для удобства первые три пункта.

Предположим, что они расположены на одной прямой, тогда возникает условие сторон $d_1 + d_2 - d_{1-3} = 0$.

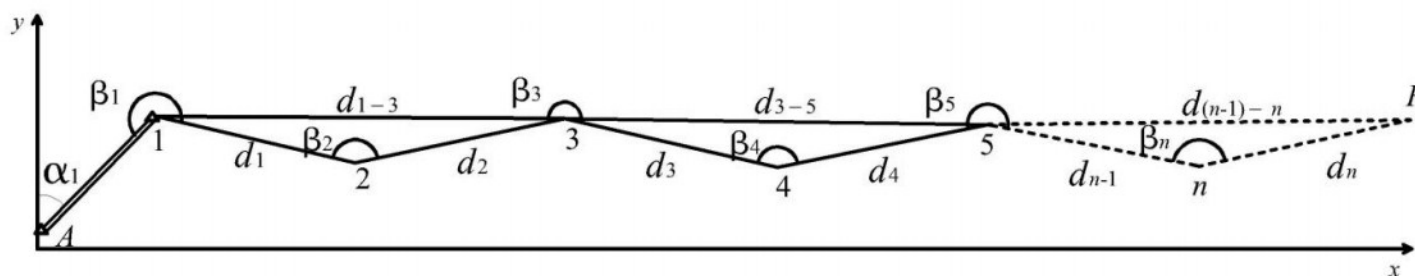


Рис.3. Равносторонний вытянутый полигонометрический ход с дополнительными измерениями сторон

Примем за ошибку единицы веса СКП измерения расстояния, т.е. $\mu = m_d$.

Таким образом, СКП расстояния после уравнения будет $m_{d'} = \sqrt{\frac{2}{3}} m_d$.

Для случая, при котором ход полигометрии является вытянутым и равносторонним, СКП положения пункта составит:

$$M_P^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \frac{n}{3} + \frac{2}{3} nm_{d'}^2. \quad (11)$$

Если рассматриваемый ход опирается на два дирекционных угла, то получим следующую рабочую формулу:

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

$$M_P^2 = \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \frac{n}{12} + \frac{2}{3} nm_d^2. \quad (12)$$

Преобразуем формулы для вычисления длин полигонометрического хода:

– если в вытянутом равностороннем ходе дополнительно измерены стороны, то

$$L = \frac{\rho}{m_\beta} \sqrt{\frac{3(M_P^2 - \frac{2}{3} nm_d^2)}{n}}; \quad (13)$$

– если вытянутый равносторонний ход опирается на два дирекционных угла и в нем дополнительно измерены стороны, то длина хода будет

$$L = \frac{\rho}{m_\beta} \sqrt{\frac{12(M_P^2 - \frac{2}{3} nm_d^2)}{n}}. \quad (14)$$

При наличии дополнительно измеренных углов, формула (11) для вычисления СКП положения пункта подземной мониторинговой сети сведется к виду:

$$M_P^2 = \frac{1,5n}{(1,5n+1)} \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \frac{n}{3} + \frac{2}{3} nm_d^2. \quad (15)$$

Если вытянутый равносторонний ход опирается на два дирекционных угла, в нем дополнительно измерены стороны и углы, то

$$M_P^2 = \frac{1,5n}{(1,5n+1)} \frac{m_\beta^2}{\rho^2} L^2 \frac{n}{12} + \frac{2}{3} nm_d^2. \quad (16)$$

Тогда, из формул (15-16) получим допустимые соответствующие длины:

$$L = \frac{\rho}{m_\beta n} \sqrt{2(1,5n+1)(M_P^2 - \frac{2}{3} nm_d^2)}; \quad (17)$$

$$L = \frac{\rho}{m_\beta n} \sqrt{8(1,5n+2)(M_P^2 - \frac{2}{3} nm_d^2)}. \quad (18)$$

Предложим рассмотреть еще один возможный вариант повышения точности положения пункта полигонометрии, при котором в ходе измеряются углы, образованные направлениями на смежные пункты и следующие за ними, но не через один, как было описано ранее, а на каждой вершине хода (рис.4).

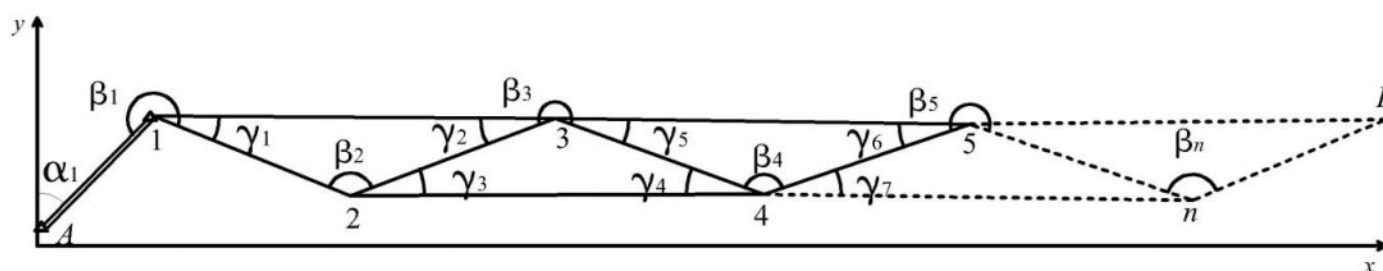


Рис.4. Вытянутый равносторонний ход полигонометрии с дополнительными измерениями углов на каждой вершине

В этом случае СКП измерения каждого угла на пункте полигонометрии после уравнивания будет

$$m_{\beta_i} = m_{\gamma_i} = \sqrt{\frac{2}{3}} m_\beta, \text{ и тогда для вычисления СКП положения пункта сети получим приближенные формулы:}$$

– для вытянутого равностороннего хода с дополнительно измеренными углами на каждом пункте сети

$$M_P^2 = \frac{2m_\beta^2}{9\rho^2} L^2 n + nm_d^2; \quad L = \frac{3\rho}{m_\beta} \sqrt{\frac{3(M_P^2 - nm_d^2)}{2n}}; \quad (19)$$

– для вытянутого равностороннего хода, опирающегося на два дирекционных угла, и имеющего дополнительные измерения углов на каждом пункте

$$M_P^2 = \frac{m_\beta^2}{18\rho^2} L^2 n + nm_d^2. \quad (20)$$

Предположим, в вытянутом равностороннем ходе дополнительно измерены не только углы на каждом пункте, но и стороны. Тогда возникнет (n-1) усло-

вий сторон. СКП линейных измерений для длин, участвующих в измерениях дважды (все длины, относящиеся к ходовой линии, кроме первой и последней), будут $0,7m_d$, а для всех остальных длин – $0,8m_d$.

Примем для дальнейших расчетов величину $0,7m_d$.

Тогда, при определении СКП положения пункта сети по ходовой линии, запишем

$$M_P^2 = \frac{2m_\beta^2}{9\rho^2} L^2 n + 0,7m_d^2. \quad (21)$$

И для случая, если рассмотренный ход полигонометрии опирается на два дирекционных угла, запишем

$$M_P^2 = \frac{m_\beta^2}{18\rho^2} L^2 n + 0,7m_d^2. \quad (22)$$

Получим формулы для определения длин соответствующих полигонометрических ходов:

$$L = \frac{2,1\rho}{m_\beta} \sqrt{\frac{M_P^2 - 0,7m_d^2}{n}}; \quad L = \frac{4,2\rho}{m_\beta} \sqrt{\frac{M_P^2 - 0,7m_d^2}{n}}. \quad (23)$$

Анализ полученных результатов показывает, что введение в состав избыточных измерений элементов, таких как дополнительные измерения углов и сторон по схеме «через один пункт» позволяет увеличить длину полигонометрического хода на 20%, при этом совместные измерения не способствуют ее увеличению. Однако если выполнять такие измерения на каждом пункте, то наблюдается увеличение длины хода до 40%, что представляется существенным. Наибольшего эффекта при производстве дополнительных измерений, повышающих точность сети при ее создании, безусловно, можно добиться при выполнении последнего варианта развития сети, определяя при этом начальный и конечный дирекционные углы. В этом случае, увеличение длины хода по сравнению со свободным вытянутым равносторонним ходом происходит в 2,8 раза.

Литература

1. Поликашечкин А.И. Геодезическо-маркшейдерское обеспечение строительства подземных сооружений в горах / А.И. Поликашечкин / М.: Недра, 1990. – 288 с.
2. Тарелкин Е.П. Априорная оценка точности геодезических построений / Е.П.Тарелкин / СПб.: СПбВТУ, 1994. – 62 с.
3. Чекалин С.И. Геодезия в маркшейдерском деле: учебное пособие для вузов / С.И. Чекалин. - М.: Академический Проект, 2012. – 505 с.
4. Зверев В.В. Анализ точности подземных маркшейдерских сетей: Учеб. пособие / В.В.Зверев, В.Н.Гусев, Е.М.Волохов / Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2010. – 145 с.
5. Баранов А.Н. Геодезия в тоннелестроении, часть I / А.Н. Баранов, К.И. Егунов, Е.И. Зельцер и др. / М.: Изд-во геодезической и картографической литературы, 1952. – 503 с.

Михаил Ярославович Брын, канд.техн.наук, заведующий кафедрой «Инженерная геодезия», тел. +7-921-3488035, E-mail: 3046921@mail.ru;

Наталья Николаевна Богомолова, канд.техн.наук, доцент кафедры «Инженерная геодезия», тел. +7-921-8896927, E-mail: bogomolova.n.n@yandex.ru

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I»)

УДК 622:519.85

А.А.Литвинова

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОЦЕНКА ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ВЗОРВАННОЙ ГОРНОЙ МАССЫ ПРИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ГЕОЛОГО-МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Разработан алгоритм и его программная реализация, позволяющие определять гранулометрический состав взорванной горной массы по фотоснимку.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: гранулометрический состав; оптические и перспективные искажения; детектор границ Канни.

A.A.Litvinova

THE AUTOMATED ASSESSMENT OF PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF THE BLOWN-UP MOUNTAIN MASS AT PERFECTION OF GEOLOGICAL AND SURVEYING PROVIDING OF TECHNOLOGY OF OPEN MINING WORKS

The algorithm and its software implementation for grain size measurements of blasted mined rock with photo image.

KEY WORDS: coarseness of grading; optical and isometric distortion; algorithm Canny.



Измерение гранулометрического состава взорванной горной массы больших объемов представляет собой сложную задачу, для решения которой используются различные методы. Наиболее известными и распространенными являются ручные замеры непосредственно в натуре, ситовой анализ, фотометрические методы с применением компьютерных технологий. Методы, связанные с натурными измерениями кусковатости взорванной горной массы,

ми кусковатости взорванной горной массы, сопровождаются неблагоприятными условиями труда, а в некоторых случаях и вовсе опасны для здоровья специалиста, выполняющего работы. Кроме того, результаты натурных измерений весьма субъективны, так как производятся выборочно, и множество значений не попадает в расчеты, при этом не представляется возможным установить реальный размер отдельности в отдаленной точке на поверхности навала. Ситовой анализ предполагает большие трудовые и временные затраты. Наиболее распространенными,

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

доступными и точными являются фотометрические методы, которые предполагают использование современной фотоаппаратуры, основ фотограмметрии и компьютерных технологий. При использовании данных методов неизбежно возникает ряд проблем, связанных с точностью измерений, на которую, прежде всего, влияют оптические и перспективные искажения.

Задача определения гранулометрического состава содержит в себе ряд существенных проблем и при последующей обработке снимков. Для определения кусковатости взорванной горной массы необходимо как можно более точно установить контуры изучаемых кусков взорванной породы. Решение этой задачи зачастую состоит в применении ряда цифровых фильтров по всему полю снимка. Наиболее эффективными среди них является алгоритм водораздела, с применением преобразования расстояния, и оператор Канни. Но даже после использования указанных фильтров, контуры на снимке могут иметь неточные или неполные границы. В связи с этим возникают трудности определения размеров объектов.

Изложенное свидетельствует об актуальности проводимых исследований на базе кафедры Маркшейдерского дела Горного университета по разработке программного обеспечения, позволяющего автоматизировать процесс определения гранулометрического состава взорванной горной массы, с целью повышения геолого-информационного обеспечения буровзрывной подготовки на открытых горных работах.

Минимизации влияния оптических и перспективных искажений на размеры объектов на фотографии посвящено множество трудов, однако на практике исследователи сталкиваются с проблемой отсутствия доступных инструментов, позволяющих решать подобные задачи. Основной проблемой является коммерциализация программных продуктов. Разработанный программный продукт позволяет минимизировать перспективные искажения, измерять линейные размеры объектов, исключать на кадре лишние детали и объекты (экскаватор, столбы и пр.).

В основу работы программы лег принцип обозначения границ исследуемых объектов при помощи линий, изменяемой длины. Для измерения параметров перспективы требуется, чтобы на кадре присутствовали две мерные рейки, размещенные на разных участках кадра (например, верх и низ навала). В дальнейшем, при обработке кадра, границы обеих реек фиксируются указанными линиями и им присваиваются их истинные размеры. Так, если мы имеем на кадре две рейки с длиной 1000 и 1500 мм, то и на кадре устанавливаются именно эти величины.

После того, как определены границы мерных реек и им присвоен их реальный размер, производится подсчет параметра, необходимого для учета перспективных искажений. В качестве него был использован угол наклона линий перспективы (α). Расчет этого параметра и дальнейший расчет размера измеренных объектов производится по следующей схеме (рис.1).

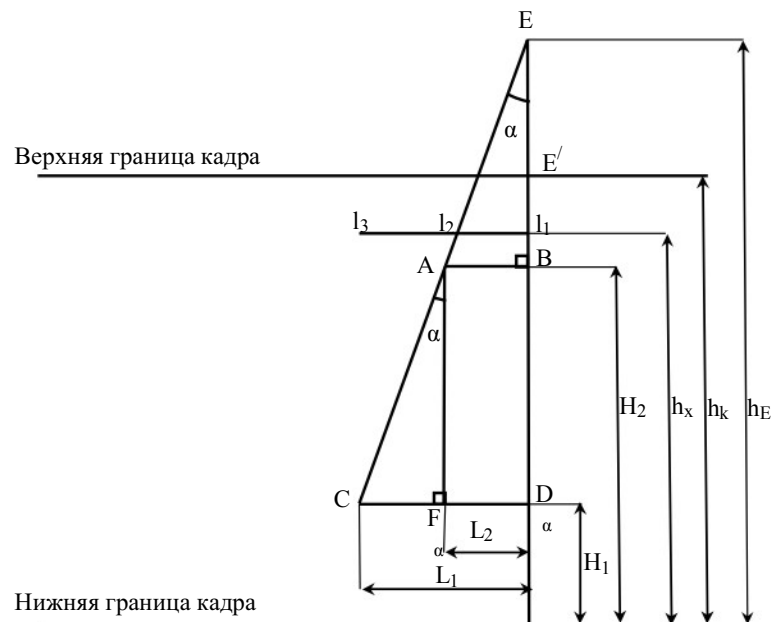


Рис.1. Геометрическая схема расчета

На представленной схеме отрезки AB и CD обозначают мерные линейки, расположенные сверху и внизу снимаемого объекта. Угол α является углом наклона линий перспективы и рассчитывается как тангенс угла при катетах CF и AF: $\operatorname{tg} \alpha = \frac{CF}{DF} = \frac{L_1 - L_2}{AF}$, где

L_1 и L_2 - длины нижней и верхней мерной линейки соответственно. Далее требуется вычислить высоту h_E , на которой находится точка E, как правило выходящая за границы кадра, для чего определяется треугольник ABE и через известный уже угол α находится отрезки BE, DE и EE':

$$BE = \operatorname{tg} \alpha \times AB;$$

$$DE = BE + BD;$$

$$EE' = BE - BE';$$

$$h_E = h_k + EE'.$$

Для расчета длины объекта необходимо вычислить, какая величина ($l_1 l_2$) на данной высоте (h_x) соответствует размеру мерных линеек (L). Расчет производится по формуле, где h_k - высота кадра:

$$l_1 l_2 = \operatorname{tg} \alpha \times E l_1 = \operatorname{tg} \alpha \times (EE' + E' l_1) = \operatorname{tg} \alpha \times ((BE - E'B) + (h_k - h_x)) = \operatorname{tg} \alpha \times ((\operatorname{tg} \alpha \times AB - E'B) + (h_k - h_x)).$$

Длина любого объекта ($L_x = l_1 l_2$) на снимке будет рассчитываться исходя из соотношения: величине $l_1 l_2$ на снимке соответствует n Pix (пиксель) и L миллиметров, а L_x соответствует m Pix (пиксель), $L_x = \frac{m \times L}{n}$

- реальный размер в миллиметрах.

В представленной программе был обработан снимок, на котором присутствует ряд парт с одинаковыми геометрическими параметрами. Парты, имеющая реальную длину 2400 мм, в программе была измерена корректно. Погрешность измерения, безусловно, присутствует, но сравнительно мала. Так, имея несколько измерений, мы получили изменение длины парты от 2403 мм до 2406 мм.

При написании процедуры учета перспективных искажений использовались открытые библиотеки Direct2D. Данные библиотеки позволяют создавать геометрические фигуры на форме и манипулировать

ими как самостоятельными объектами. К минусам их применения можно отнести то, что работать они будут лишь на Windows не ниже версии 7.0.

После того, как снимок был полностью подготовлен к обработке, следует основной этап его преобразований, заключающийся в получении четких контуров кусков, составляющих взорванную горную массу. Для подобных задач наиболее эффективно себя проявили лишь несколько методов и алгоритмов. В нашей разработке применяется алгоритм Канни, как один из самых быстродействующих, позволяющий получить наиболее точные результаты по определению контуров объектов.

Метод поиска границ был разработан Дж.Канни в 1986 г., является улучшением оператора Лапласа, и теперь называется "детектор границ Канни" [Canny86]. Одно из отличий алгоритма Канни от более простого, основывающегося на преобразовании Лапласа, в том, что в алгоритме Канни первые производные вычисляются по осям x и y , а затем комбинируются в четыре производных по направлению. Точки, в которых эти производные достигают локального максимума, затем проходят этап «группировки» в грань. Наиболее значимым дополнением алгоритма Канни является то, что он пытается собрать из независимых пикселей целые контуры. Эти контуры формируются путем применения к пикселям пороговой функции с гистерезисом. То есть существуют два порога, - верхний и нижний (рис.2). Если градиент пикселя имеет значение большее, чем верхний порог, значит, он включается в грань (зеленый цвет).

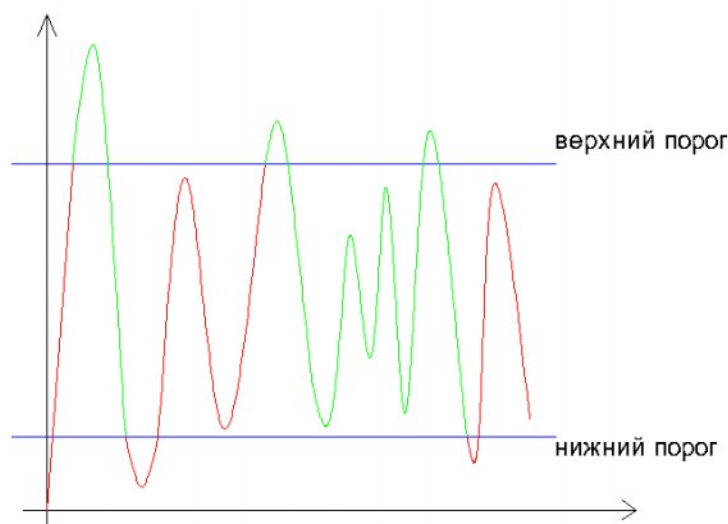


Рис.2. Группировка пикселей по заданию верхнего и нижнего порогов

Если градиент ниже чем нижний порог, то данный пиксель отбрасывается (красный цвет). Если градиент пикселя находится между порогом, то он будет рассматриваться как грань, только если он соединен с пикселем, который лежит выше верхнего порога. Согласно рекомендации автора (Канни), отношение порогов высокий: низкий должно быть между 2:1 и 3:1.

Поскольку граница на изображении может складываться в различных направлениях, используются четыре фильтра для определения горизонтальных, вертикальных и диагональных границ на размытом изображении. Оператор определения границ возвра-

щает значение первой производной в горизонтальном (G_h) и вертикальном (G_v) направлениях. Из нее могут быть определены градиент и направление границы:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2};$$

$$\theta = a \tan(G_x, G_y).$$

Угол направления границы представляется четырьмя углами: вертикальным, горизонтальным и двумя диагональными (0° , 45° , 90° и 135°). Эффективная реализация вычисления градиента и направления представлена выражением:

$$G_x(x,y)=[I(i,j+1)-I(i,j-1)+I(i-1,j+1)-I(i-1,j-1)+I(i+1,j+1)-I(i+1,j-1)]/2;$$

$$G_y(x,y)=[I(i+1,j)-I(i-1,j)+I(i+1,j-1)-I(i-1,j-1)+I(i+1,j+1)-I(i-1,j+1)]/2.$$

Это позволяет создать матрицу 3×3 с высокой точностью вычисления и высокой чувствительностью к сигналу по сравнению с реализацией на матрице 2×2 . В описываемой программе реализация алгоритма Канни выполнена при помощи открытых библиотек OpenCV. Описание функция вызова выглядит следующим образом:

```
void cvCanny(
const CvArr* img,
CvArr* edges,
double lowThresh,
double highThresh,
int apertureSize = 3
);
```

Функция `cvCanny()` библиотеки `openCV` принимает входное изображение в оттенках серого и выходное изображение, которое также должно быть в оттенках серого (хотя в действительности будет являться бинарным изображением - содержащим только белые пиксели на месте граней и черные для всех остальных точек). Следующие два параметра – это верхний и нижний пороги, а последний аргумент – это размер апертуры (по умолчанию применяется матрица размера 3×3 , но возможны и другие значения - 5×5 , 7×7 и т.д.). Чем выше значение апертуры, тем ниже чувствительность оператора к шуму.

В качестве тестового стенда в работе использовались воздушные шары, имитирующие куски взорванной горной массы, и его снимки подвергались обработке. После того, как мы получили в свое распоряжение весь необходимый арсенал инструментов, следует приступить к основному этапу – расчет гранулометрического состава. К этому моменту мы уже имеем обработанный снимок, содержащий контура объектов, коэффициенты пересчета, позволяющие учесть существующие перспективные искажения.

Использование методики «населения» снимка смоделированными объектами позволяет не только определить размеры объектов, но и обладать наиболее полной информацией об их расположении. Суть методики заключается в том, что по всему полю снимка наносятся заготовки объектов, которые самостоятельно развиваются в пределах имеющихся контуров. Параметры объектов при развитии изменяются случайным образом, стремясь заполнить собой все свободное пространство, ограничиваясь лишь конту-

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

рами, пусть даже и не самыми полными. Каждый объект при этом содержит в себе информацию о размерах, положении и ориентации. Данная методика позволяет рассчитать гранулометрический состав по всему полю снимка. В качестве заготовки для объектов условимся использовать фигуру эллипса, имеющую степень свободы вращения вокруг оси Z. Уравнение такого эллипса в параметрической форме выглядит следующим образом:

$$\begin{cases} x = r_1 \times \cos \alpha \times \cos \beta - r_2 \times \sin \alpha \times \sin \beta \\ y = r_1 \times \cos \alpha \times \sin \beta + r_2 \times \sin \alpha \times \cos \beta \end{cases}$$

где r_1, r_2 – радиусы эллипса, а углы изменяются в пределах $0 < \alpha < 2\pi$, $-\pi < \beta < \pi$.



Рис.3. Алгоритм развития объектов

Каждый объект, нанесенный на снимок, имеет набор параметров, способных произвольно изменяться. При этом за каждую итерацию изменяется только один параметр, выбранный случайным образом, на установленную величину (как правило, близкую к единице) в большую или меньшую сторону. Объекты располагаются на снимке в виде сетки, шаг которой задается пользователем. После чего запускается процесс развития объектов. Алгоритм развития представлен на рис.3.

В набор входят изменяемые параметры: R_1, R_2 – радиусы эллипса, β – угол поворота вокруг оси Z; X, Y – текущие координаты центра эллипса; неизменяемые: ID – порядковый номер объекта; L – маркер активности; Mas – массив точек, входящих в объект.

По завершению процесса развития пользователь должен визуально оценить степень заполнения объектами пространства снимка, с учетом имеющихся контуров, и при необходимости инициализировать развитие повторно. В случае, если результат удовлетворяет требованиям, необходимо запустить процедуру подсчета гранулометрического состава. Модуль определения гранулометрического состава взорванной горной массы содержит ряд функций и задач, которые позволяют выполнить распознавание и статистическую обработку для определения крупности кусков взорванных пород. Конечным результатом является гистограмма распределения по классам крупности кусков взорванной горной массы (рис.4).

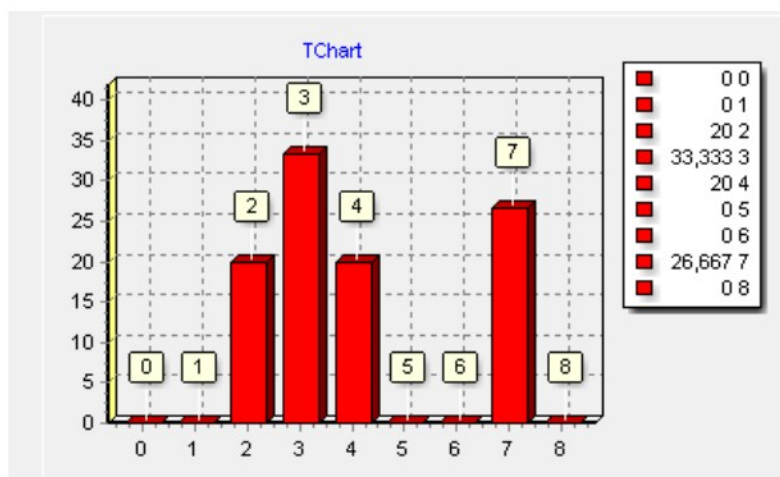


Рис. 4. Гистограмма распределения по классам крупности

В табл.1 представлено сравнение результатов расчета грансостава тест-объекта, произведенного вручную и с применением описанного программного комплекса.

Сводная таблица распределения выхода по классам крупности

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Классы крупности, мм	80-100	100-120	120-140	140-160	160-180	180-200	200-220	220-240	240-260
Выход, % (I метод - автоматический)	0	0	13	35	21	0	0	30	0
Выход, % (II метод - Натурные измерения)	0	0	20	33	20	0	0	27	0
Выход (I)- Выход (II)	0	0	-7	2	1	0	0	3	0

Как видно из сводной таблицы, самое большое расхождение между значениями выхода, полученными двумя разными методами, составляет 7%. Приведенные в статье результаты исследований подтверждают состоятельность предложенных алгоритмов и их программной реализации по определению гранулометрического состава взорванной горной массы.

Литература

1. Барон Л.И. Кусковатость и методы ее измерения. М., Изд-во АН СССР, 1960.
2. Круглов В.Н. Лабораторный практикум по курсу «Цифровая обработка изображений» по направлению 230100 – «Информатика и вычислительная техника»/ В.Н.Круглов – Екатеринбург: ГОУ ВПО УПИ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина, 2009. 69 с.
3. Обработка числовых данных: практикум по программированию / Ю.Е.Алексеев, А.С.Ваулин, А.В.Куров; МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 101 с.

4. Такранов Р.А., Жилин В.П. Геологическое обеспечение буровзрывных работ на угольных карьерах. – СПб., 2006. – 179 с. (Мин-во промышленности РФ. РАН. ОАО «НИИ горн. геомех. и маркшейд. Дела – Межотраслевой науч. центр ВНИМИ»).

5. Такранов Р.А., Шустерман А.С. Геологическая фотодокументация горных выработок. – М.: Недра, 1984. 112 с.

6. Malik. Khan Modified Watershed Algorithm for Segmentation of 2D Images// Journal of Information science & Information Technology. 2009.No.3. P. 27-28.

7. Meyer F. (1992). Color image segmentation// Proceedings of the International Conference on Image Processing and its Applications. P. 303–306.

8. Википедия – сводная энциклопедия [Электронный ресурс] http://locv.ru/wiki/6.5_Canny.

9. Википедия – сводная энциклопедия [Электронный ресурс] // https://en.wikipedia.org/wiki/Canny_edge_detector.

Анастасия Александровна Литвинова, аспирант кафедры маркшейдерского дела, тел. +7(812)3-288-259,
E-mail: kmd@spmi.ru, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

ООО «Союз маркшейдеров России»

ЧУ «ЦДПО «Горное образование»

(Лицензия серии 77Л01 № 0008096, Регистрационный номер № 037280)

График проведения курсов на 2016 год (72 часа):

Сроки проведения	Направление	Категория слушателей
23.05.2016-03.06.2016* 26.09.2016-05.10.2016** 17.10.2016-28.10.2016*** 14.11.2016-23.11.2016	«Маркшейдерское дело»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
23.05.2016-03.06.2016* 26.09.2016-05.10.2016** 17.10.2016-28.10.2016***	«Геология»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
23.05.2016-03.06.2016* 26.09.2016-05.10.2016** 17.10.2016-28.10.2016***	«Промышленная безопасность опасных производственных объектов»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
23.05.2016-03.06.2016* 26.09.2016-05.10.2016** 17.10.2016-28.10.2016***	«Рациональное использование и охрана недр»	специалисты служб лицензирования, недропользования, главного геолога
23.05.2016-03.06.2016* 26.09.2016-05.10.2016** 17.10.2016-28.10.2016***	«Землеустройство и земельный кадастр»	специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций

* - очная часть курсов повышения квалификации (23.05.2016-01.06.2016) проводится в г.Кисловодск. Слушатели курсов примут участие в работе Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность при недропользовании и охрана недр»

** - курсы повышения квалификации проводятся в г.Ялте. Слушатели курсов примут участие в работе Всероссийской конференции «Рациональное и безопасное недропользование»

*** Очная часть курсов повышения квалификации (24.10.2016-28.10.2016) проводится в г. Санкт-Петербурге.

Получить более подробную информацию о полном перечне направлений курсов повышения квалификации и переподготовки можно на сайте www.mwork.ru, по e-mail: gorobr@inbox.ru или по тел. (495) 641-00-45, (499) 263-15-55

УДК 622.235

Г.П.Парамонов, В.В.Лисевич

СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РАЗВАЛА ВЗОРВАННОЙ ГОРНОЙ МАССЫ

Статья посвящена разработке системы автоматизированного прогнозирования развала взорванной горной массы «РазвалПлюс». В работе представлен основной алгоритм и методика работы программы, которая обеспечивает графическое отображение контура развала отбитой горной породы. Внедрение автоматизированной системы прогнозирования параметров развала взорванной горной массы, на горных предприятиях, позволяет добиться наиболее точного и эффективного производства взрывных работ и качества их проведения, а от этого зависят дальнейшие технологические аспекты горной добычи и безопасность разработки месторождений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: автоматизированное проектирование; развал взорванной горной массы; РазвалПлюс; взрывные работы; Delphi XE.

G.P.Paramonov, V.V.Lisevich

THE AUTOMATED SYSTEM OF DESIGN OF PARAMETERS OF COLLAPSE OF THE BLASTED ROCK MASS

The article is devoted to the development of an automated system for forecasting the collapse of the blasted rock mass "RazvalPlyus". The paper presents the basic algorithm and method of operation of the program, which provides a graphical display of the contour collapse of broken rock. Implementation of an automated forecasting system parameters collapse blasted rock mass in mining enterprises, to achieve the most accurate and efficient blasting and the quality of their conduct, and depend on it further technological aspects of mining and mining safety.

KEY WORDS: Computer-Aided design; the collapse of the blasted rock mass; RazvalPlus; blasting work; Delphi XE.



Г.П.Парамонов В.В.Лисевич

па, шириной и высотой развала горных пород.

Повреждение от формирования развала горной массы транспортных, энергетических и других коммуникаций в карьере приводит к значительным простоям горного оборудования, которые связаны с демонстражем и восстановлением поврежденных объектов. Время, необходимое для подготовки и производства взрыва, в 5-8 раз меньше времени простоев, возникающих при некачественном взрыве.

Таким образом, исследования, направленные на

Качество взрыва на карьерах оценивается гранулометрическим составом разрушенной массы, средним размером куска, выходом негабарита, проработкой подошвы уступа,

управление формирования развала горной массы, представляют собой актуальное направление, как в научном, так и практическом плане.

На основе принятой расчетной модели формирования развала был разработан программный комплекс, позволяющий на основе главных параметров буровзрывных работ прогнозировать развал взорванной горной массы.

Основой для программного комплекса стала среда быстрой разработки приложения RAD Studio XE, которая объединяет Delphi XE и C++ Builder XE в единую интегрированную среду разработки и позволяет создавать native-приложения, работающие на всех четырех популярных платформах: Android, iOS, Windows и OS X. Создание приложений осуществляется с помощью одной и той же базы исходного кода, без потери качества приложений, производительности и доступности корпоративных или облачных ресурсов.

Наименование	Значение
Высота уступа (H)	
Длина забойки, м (L)	
Размер куска (K)	
Число рядов осыпей (N)	
Линия наименьшего сопротивления (m)	
Угол откоса уступа (α)	
Внесистность одного метра осыпей (P)	
Безопасная берма (Ber)	
Расстояние между осыпками в ряду (A)	
Расстояние между рядами осыпей (B)	
Диаметр осыпей (D)	
Объемный вес породы (G)	
Остаточная энергия в 1 м осыпей (E)	
Кэф. использования остаточной энергии на перенесение породы (DL)	
Плотность заряжения го	

Рис.1. Исходные данные

В первую очередь при запуске программы необходимо внести исходные значения параметров буровзрывных работ. Их ввод осуществляется на вкладке «Исходные данные».

Также программа сохраняет данные, которые введены при последнем расчете перед полным выключением комплекса. Данная возможность создана, чтобы упростить заполнение формы. Для выполнения указанных выше действий создан отдельный класс Tsettings.

Расчет разбит на несколько частей, которые работают, взаимодействуя друг с другом или автономно.

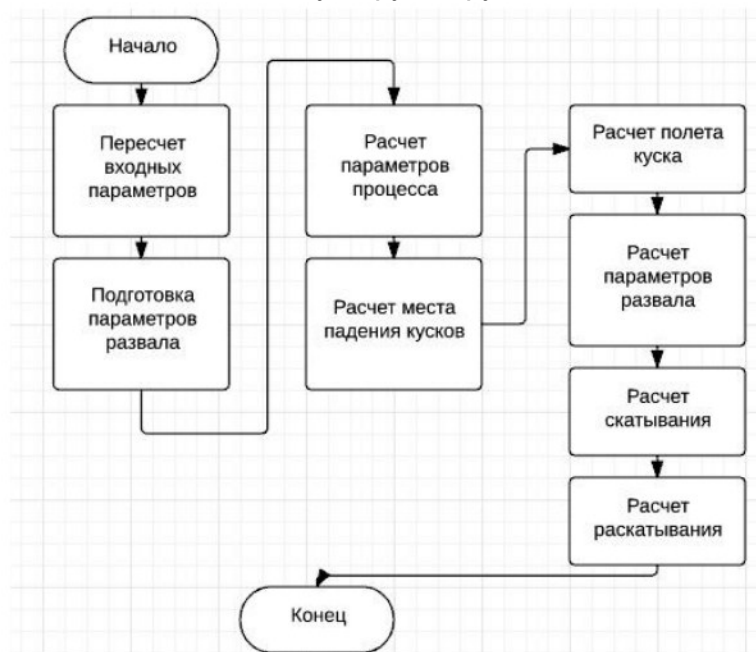


Рис.2. Общий алгоритм работы

После произведения основных манипуляций для ввода исходных данных система приступает к расчету. Для этого вызывается процедура CalcProcess, которая отвечает за блок «Расчет параметров процесса» на рис.2.

На этом этапе рассчитываются параметры развала, на основе которых будут вестись все остальные расчеты. Входными данными являются заданные пользователем настройки. Расчет является автоном-

ным и не зависит от ранее проведенных расчетов.

Далее следует вызов процедуры CalcTrajectory. Выходными параметрами данного расчета являются дальность бросания и скорость. Все рассчитанные данные записываются в раздел «Полет куска». Данные этого расчета окончательны и видны конечному пользователю.

Следующим этапом вызывается процедура CalcPartTrajectory. В этой части выходными данными являются координаты верхнего контура развала, которые записываются в раздел «Параметры развала», а также данные траектории полета куска, которые заносятся в «Траектория полета куска», являются конечными и видны пользователю.

Затем срабатывает процедура CalcVal. Это расчет скатывания кусков.

Входными данными для этой процедуры служат данные из таблицы «Параметры развала», а конкретнее - параметр Z.

Выходные данные также записываются в раздел «Параметры развала», заменяя первоначально рассчитанные значения в столбце Z.

Последний вызов, который отвечает непосредственно за расчет, - CalcRaskat. Эта функция рассчитывает раскатывание кусков.

Входные и выходные данные аналогичны предыдущему этапу, отличается только алгоритм. В результате работы этой процедуры данные таблицы «Параметры развала» являются конечными и именно их видит пользователь, как результат работы программы.

После этого расчет закончен и есть все необходимые данные для построения графика. Этим занимается процедура DrawGraph (рис.4). Исходными данными для указанной процедуры являются значения из раздела «Параметры развала», а именно параметры Z_0 и Z. По этим переменным строится график развала и график исходного уступа. После завершения работы этой процедуры пользователь видит построенный график развала горной массы.

XB	Z1	Z0	Z	ZK

Рис.3. Отображение расчетной части программы

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

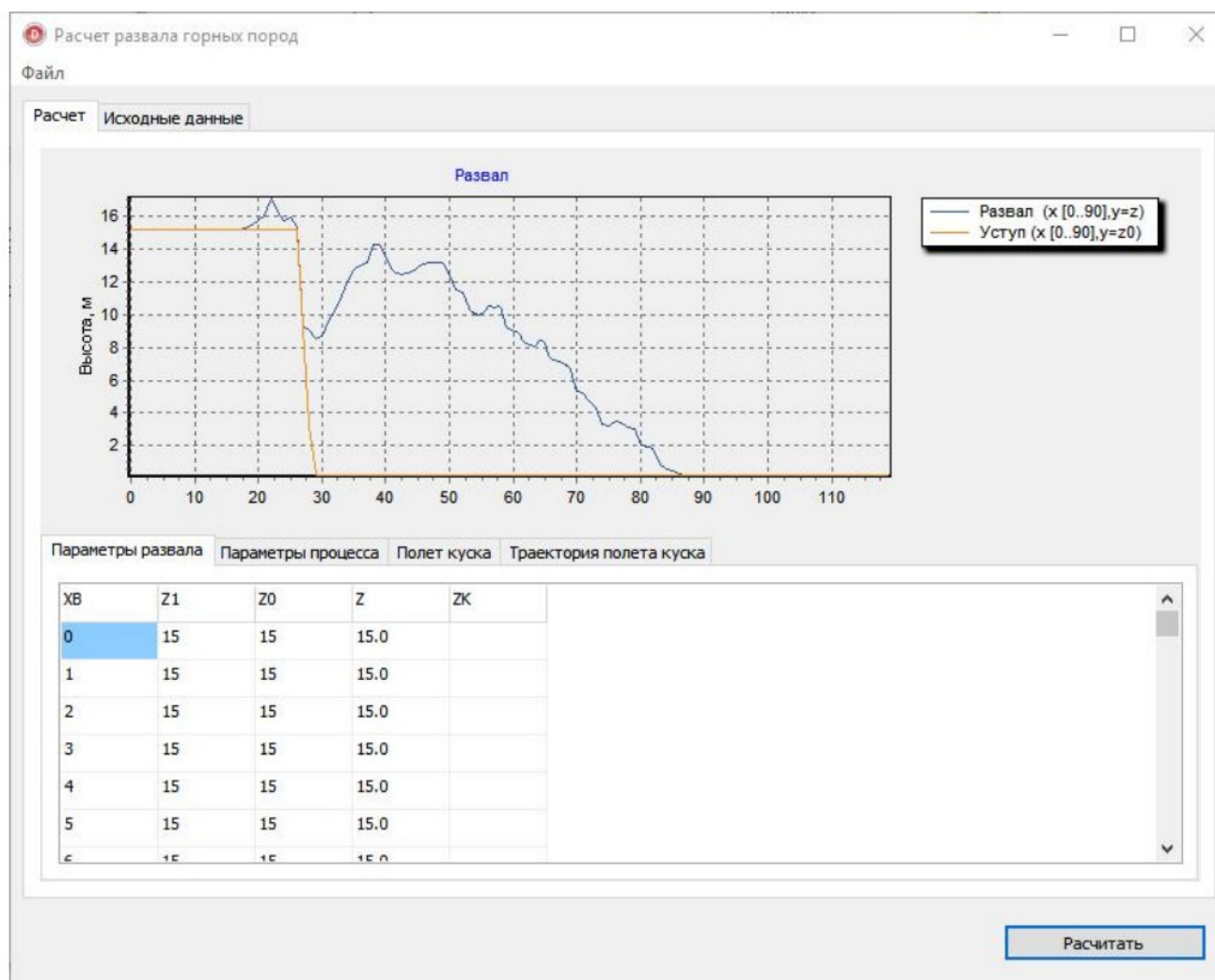


Рис.4. График развала

На этом работа программы завершена. В случае, если пользователю необходимо изменить исходные данные, переходим на вкладку «Исходные данные» и вводим новые параметры. При повторном нажатии «Рассчитать» все действия, указанные выше, производятся заново.

Для апробации теоретических исследований, заложенных в основу работы программного комплекса «РазвалПлюс», были взяты результаты нескольких взрывов, произведенных на месторождении гнейсогранитов «Пруды-Моховое-Яскинское».

Анализ проведенной работы показал, что погрешность расчетных показателей параметров развала на программном комплексе «РазвалПлюс» от фактических значений составляет около 6,7%.

Таким образом, разработанный программный комплекс позволяет прогнозировать параметры развала до проведения взрывных работ. Такая система работы обеспечивает наиболее безопасное производство на всех стадиях добычи горной массы.

Литература

1. Жилияков Е.Г. Математическая модель развала буровзрывного блока и распределения содержания полезного компонента во взорванной горной массе / Е.Г. Жилияков, С.Г. Кабелко // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Информатика. – Белгород. – С. 66-73.
2. Ракишев Б.Р. Прогнозирование технологических параметров взорванных пород на карьерах. – Алма-Ата: Наука, 1983. – 239 с.
3. Сван Т. Секреты 31-разрядного программирования на Delphi. Диалектика. - М., 1996, 510 с.
4. Боровиков В.А. Моделирование действия взрыва при разрушении горных пород / В.А. Боровиков, И.Ф. Ванягин. – М.: Недра, 1990, – 231 с.
5. Осипов Д.Л. Delphi XE2. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 912 с.
6. Друкованый М.Ф. Управление действием взрыва скважинных зарядов на карьерах / М.Ф. Друкованый, В.С. Куц, В.И. Ильин. – М.: Недра, 1980. – 223 с.

Парамонов Геннадий Петрович, профессор, докт. техн. наук, тел. +7 (921) 911-68-95, E-mail: paramonov@spmi.ru;
Лисевич Вадим Вадимович, аспирант, тел. +7 (921) 599-63-83, E-mail: vadim.lisevich@gmail.com
(Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург)

УДК 528.088.3:528.48

В.Г.Потюхляев, А.В.Зубов

ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ РУЛЕТКИ DISTO™ D3A ДЛЯ РАЗБИВКИ МОНТАЖНЫХ ОСЕЙ

Приведены требования к точности разбивки межосевых интервалов при строительстве зданий и инженерных сооружений. Исходя из результатов экспериментальных измерений интервала длиной 6 м и их вероятностно-статистической обработки, сделан вывод о целесообразности применения лазерных рулеток для детальных разбивок строительных осей.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: детальные разбивочные работы в строительстве; лазерная рулетка; вероятностно-статистическая обработка результатов измерений.

V.G.Potyukhlyayev, A.V.Zubov

APPLICATION OF LASER TAPE MEASURE DISTO™ D3A FOR BREAKDOWN OF ASSEMBLY AXES

The requirements for accuracy breakdown interaxial intervals during the construction of buildings and civil engineering. Based on the results of experimental measurements of the interval length of 6 m and their probabilistic and statistical processing, concluded feasibility of laser roulette for detailed breakdowns of construction axes.

KEY WORDS: detailed marking works in construction; laser tape measure; probabilistic and statistical processing of the measurement results.



В.Г.Потюхляев А.В.Зубов

Строительные допуски на разбивку монтажных (промежуточных) осей приведены в ГОСТ 21779-82 [1].

Указанные в табл.1 допуски, как подавляющее число

строительных допусков, являются симметричными.

ми. Это означает, что допустимое смещение промежуточных осей от их проектного положения может быть по двум направлениям. Предельные отклонения σ могут быть определены из соотношения

$$\sigma = \Delta/t,$$

где t - нормированный множитель, который для зданий и сооружений 1-ой, 2-ой и 3-ей категории ответственности принимает соответственно следующие значения: $t=3; 2; 1,65$.

Таблица 1

Допуски на геодезические разбивочные работы

Интервал номинального размера, мм	Допуски разбивки точек и осей в плане, мм					
2500	0.6	1.0	1.6	2.4	4	6
2500-4000	1.0	1.6	2.4	4.0	6	10
4000-8000	1.6	2.4	4.0	6.0	10	16
8000-16000	2.4	4.0	6.0	10.0	16	24
16000-25000	4.0	6.0	10.0	16.0	24	40
25000-40000	6.0	10.0	16.0	24.0	40	60
40000-60000	10.0	16.0	24.0	40.0	60	100
60000-100000	16.0	24.0	40.0	60.0	100	160
100000-160000	24.0	40.0	60.0	100.0	160	---
Класс точности	1	2	3	4	5	6

Приведем следующий пример. Для зданий 3-го класса точности при разбивке межосевых интервалов в диапазоне от 4000 до 8000 мм $\Delta=4.0$ мм (см. табл. 1). Тогда, учитывая, что подавляющее большинство зданий и инженерных сооружений относят к первой категории ответственности, $\sigma=4/3=1.3$ мм.

Обеспечить такую точность разбивки межосевых интервалов даже на обноске довольно сложно. Если для этого использовать металлическую рулетку, то необходимо произвести многократные построения каждого межосевого размера двумя исполнителями, вводить поправки за компарирование и температуру. Обеспечить указанную точность построения коротких отрезков дальномером электронного тахеометра также довольно затруднительно, если учесть что погрешность измерения длин линий тахеометрами с использованием отражателей в среднем составляет

около 2 мм. Кроме того необходимо также учитывать влияние других источников погрешностей, например, центрирования тахеометра.

Современные, так называемые лазерные рулетки, намного дешевле электронных тахеометров, имеют небольшие габаритные размеры и удобны для их установки на фиксированных концах измеряемых отрезков.

К наиболее важным техническим характеристикам лазерной рулетки относятся диапазон и точность измерения расстояний. Диапазон измерения расстояний рулеткой *DISTO™ D3a* в обычных условиях составляет от 0.05 м до 100 м. Если длина отрезка превышает 80 м, то при измерении расстояний необходимо использовать визирную пластину, прилагаемую к комплекту прибора. В руководстве пользователя [2] указано, что точность измерения расстояний до 10 м,

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

выраженная двойным стандартным отклонением 2σ , при благоприятных условиях составляет ± 1.0 мм. При неблагоприятных условиях, таких как интенсивное солнечное излучение, целевая поверхность со слабой отражающей способностью или сильным колеба-

нием температуры, может иметь максимальное двойное отклонение ± 1.5 мм. Оно увеличивается на ± 0.025 мм/м для расстояний от 10 до 30 м и на ± 0.1 мм/м для расстояний более 30 м. На основании этих исходных данных составим табл.2.

Таблица 2

Стандартные отклонения измерения расстояний лазерной рулеткой Leica DISTO™ D3a

Длина отрезка, м	Стандартные отклонения σ , мм	
	при благоприятных условиях измерений	при неблагоприятных условиях измерений
10	0.5	0.8
20	0.6	0.9
30	0.8	1.0
40	1.2	1.5
50	1.8	2.0
60	2.2	2.5
70	2.8	3.0
80	3.2	3.5
90	3.8	4.0
100	4.2	4.5

Для подтверждения заявленной в руководстве пользователя точности были выполнены три цикла многократных измерений отрезка длиной около 6 м. Отрезок фиксировался карандашными линиями на деревянной доске, имитирующей обноску. В первом цикле длина отрезка измерялась контрольной линейкой в прямом и обратном направлении. Каждый метровый интервал измерялся дважды, перед вторым измерением производилось смещение контрольной линейки.

Во втором и третьем циклах длина отрезка измерялась разными лазерными рулетками. Фиксация прибора в каждом измерении производилась визуально – от нижней поверхности корпуса (от заводской

установки точки отсчета), а для фиксации противоположного конца отрезка использовался деревянный брусок.

При обработке результатов измерений, выполненных контрольной линейкой, вводились поправки за ее компарирование и температуру. Средние квадратические погрешности определения длины отрезка в прямом и обратном ходе вычислены по разностям двойных измерений (двум совмещениям в каждом пролете):

$$m_{пр} = \sqrt{\frac{[d_i d_i]}{2n}} = 0.05 \text{ мм}; \quad m_{об} = \sqrt{\frac{[d'_i d'_i]}{2n}} = 0.03 \text{ мм}.$$

Таблица 3

Результаты измерения отрезка контрольной линейкой

№ метрового интервала	Измеренная длина интервала, мм				Разность двойных измерений, мм	
	Прямо		Обратно		Прямо	Обратно
	1-е совм.	2-е совм.	1-е совм.	2-е совм.	d_i	d'_i
1	1017.71	1017.59	1017.76	1017.70	+0.12	+0.06
2	1003.71	1003.61	1003.86	1003.88	+0.10	-0.02
3	1005.89	1005.93	1005.98	1006.04	-0.04	-0.06
4	1003.69	1003.69	1003.62	1003.64	0.00	-0.02
5	1001.39	1001.45	1001.38	1001.36	-0.06	+0.02
6	998.99	999.05	998.82	998.76	-0.06	+0.06
Сумма	6031.38	6031.32	6031.42	6031.38	+0.06	+0.04

Среднее значение контрольного отрезка 6031.38 мм.

Статистическая обработка результатов измерений отрезка каждой лазерной рулеткой состояла из

следующих этапов:

– построение ранжированного ряда результатов измерений и определение числовых характеристик непрерывных случайных величин;

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

- группирование статистических рядов, построение гистограммы и вычисление параметров нормальной кривой распределения случайных погрешностей измерений;
- определение выборочных статистик;
- проверка гипотезы о равенстве средних из генеральных совокупностей;

- определение доверительных интервалов для среднего квадратического отклонения.

При обработке многократных ($n=65$) измерений отрезка случайно выбранными из партии лазерными рулетками получены результаты, приведенные в табл.3.

Таблица 3

Результаты измерений отрезка лазерными рулетками

Значение	Рулетка №201204218	Рулетка №201204221
Интервал	[6029.7 ; 6033.3]	[6029.8 ; 6033.4]
Среднее, мм	6031.36	6031.57
Погрешность одного измерения, мм	0.74	0.74
Погрешность среднего, мм	0.09	0.09

При статистической обработке каждого ранжированного ряда были найдены:

- интервал, в который попали все измерения;
- средние арифметические из результатов измерений $\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n$;

- средние квадратические погрешности результата одного измерения $m = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n-1)}$;

- средние квадратические погрешности сводного результата измерений (среднего арифметического значения) $M = m / \sqrt{n}$.

Полученные измеренные значения группировались в статистические ряды, которые явились исходными данными для дальнейших исследований. Исследование каждого статистического ряда начиналось с графического построения гистограммы частот ω (рис. 1). Для этого ранжированный статистический ряд разбивался на интервалы с шириной [2]:

$$h = \frac{R}{1 + 3.2 \lg n},$$

где $R = x_{\max} - x_{\min}$ – размах варьирования (разность между крайними значениями ряда); n – число единиц ряда в совокупности. Для каждой рулетки интервал h составил 0.5.

В табл.4 приведены значения ординат y_i (выравнивающих частот) теоретической кривой нормального распределения, вычисленных по формуле:

$$y_i = \frac{nh}{m} \varphi(z_i),$$

где функция $\varphi(z_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z_i^2}{2}}$ является плотностью

вероятности нормированного нормального распределения. Значения этой функции определены из специальных таблиц.

Таблица 4

Вычисление параметров для построения нормальной кривой (рулетка №201204218)

x_i		$x_i - \bar{x}$	$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{m}$	$\varphi(z_i)$	y_i
$\bar{x} - 3m$	6029.14	-2.22	-3	0.0044	0.193
$\bar{x} - 2m$	6029.88	-1.48	-2	0.0540	2.372
$\bar{x} - m$	6030.62	-0.74	-1	0.2420	10.628
$\bar{x}$	6031.36	0	0	0.3989	17.519
$\bar{x} + m$	6032.10	+0.74	+1	0.2420	10.628
$\bar{x} + 2m$	6032.84	+1.48	+2	0.0540	2.372
$\bar{x} + 3m$	6033.58	+2.22	+3	0.0044	0.193

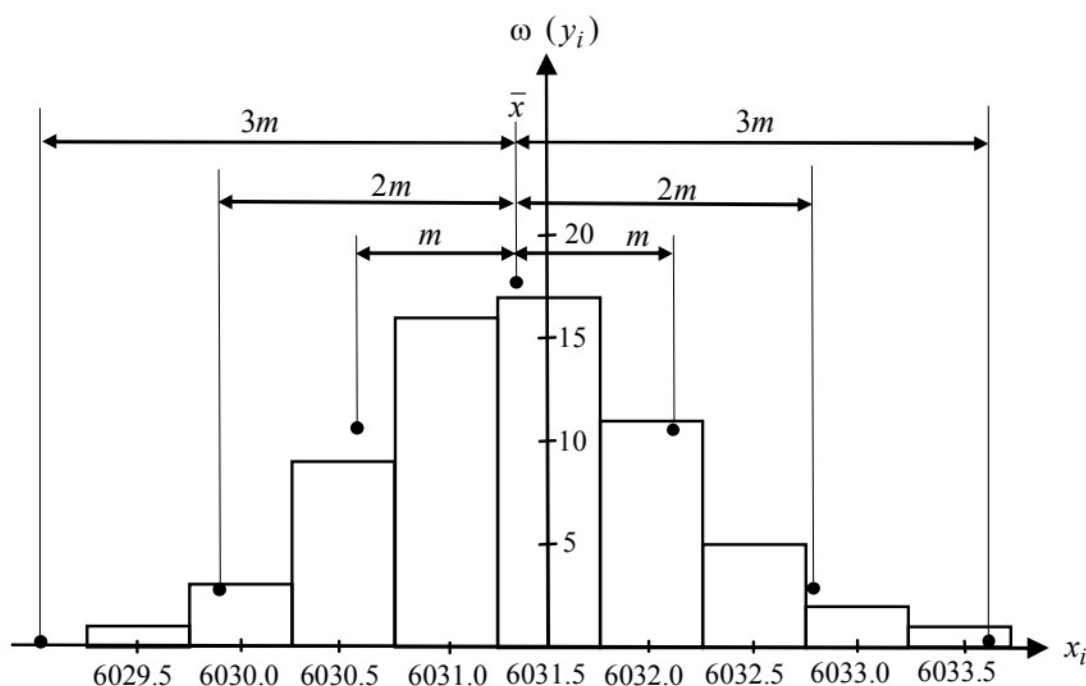


Рис.1. Гистограмма интервального ряда и положение главных точек нормальной кривой (рулетка №201204218)

Проверка гипотезы о нормальном распределении осуществлялась приближенным способом по показателям асимметрии и эксцесса с использованием условных вариантов [2]. В этом случае переход от первоначальных вариантов к условным выполняется по формуле:

$$U_j = \frac{x_j - c}{h},$$

где c – «ложный нуль», в качестве которого выбирается варианта x_j , имеющая наибольшую частоту.

Необходимые характеристики выборки определены следующим образом. Вычислены условные моменты первого, второго, третьего и четвертого порядков:

$$M_1 = \frac{\sum_{j=1}^n \omega_j u_j}{n}; M_2 = \frac{\sum_{j=1}^n \omega_j u_j^2}{n}; M_3 = \frac{\sum_{j=1}^n \omega_j u_j^3}{n};$$

$$M_4 = \frac{\sum_{j=1}^n \omega_j u_j^4}{n}.$$

Выборочные средняя и дисперсия вычислены по формулам:

$$\bar{x} = M_1 h + c; S^2 = [M_2 - (M_1)^2] h^2.$$

Значения центральных эмпирических моментов третьего и четвертого порядков вычислены по формулам:

$$\mu_3 = [M_3 - 3M_2 M_1 + 2M_1^3] h^3;$$

$$\mu_4 = [M_4 - 4M_3 M_1 + 6M_2 M_1^2 - 3M_1^4] h^4.$$

Определены значения асимметрии и эксцесса и их средние квадратические отклонения:

$$A = \frac{\mu_3}{S^3}; E = \frac{\mu_4}{S^4} - 3; \sigma_A = \sqrt{\frac{6(n-1)}{(n+1)(n+3)}};$$

$$\sigma_E = \sqrt{\frac{24(n-2)(n-3)n}{(n-1)^2(n+3)(n+5)}}.$$

Ниже приведены результаты определения указанных выборочных статистик $\bar{x}$, S , M_1 , M_2 , M_3 , M_4 , μ_3 , μ_4 :

$$c = 6031.5 \text{ мм}; \bar{x} = 6031.38 \text{ мм}; S = 0.77 \text{ мм}; M_1 = -0.25;$$

$$M_2 = +2.46; M_3 = -0.98; M_4 = +17.97; \mu_3 = +0.10;$$

$$\mu_4 = +1.12.$$

Для рулетки № 201204221 получены следующие значения: $c = 6031.5$ мм; $\bar{x} = 6031.56$ мм; $S = 0.75$ мм; $M_1 = +0.11$; $M_2 = +2.26$; $M_3 = +1.12$; $M_4 = +15.00$; $\mu_3 = +0.05$; $\mu_4 = +0.92$.

Исходя из результатов статистической обработки рядов наблюдений, приведенных в таблице 6, следует, что гипотеза нормального распределения случайных погрешностей измерений может быть принята, поскольку абсолютные величины статистик A и E меньше своих средних квадратических отклонений σ_A и σ_E .

Таблица 5

Определение выборочных статистик (рулетка №201204218)

Исходные данные			Расчет				
Интервал $a-b$	Середина интервала x_j	Частота ω_j	u_j	$\omega_j u_j$	$\omega_j u_j^2$	$\omega_j u_j^3$	$\omega_j u_j^4$
6029.25-6029.75	6029.5	1	-4	-4	16	-64	256
6029.75-6030.25	6030.0	3	-3	-9	27	-81	243
6030.25-6030.75	6030.5	9	-2	-18	36	-72	144
6030.75-6031.25	6031.0	16	-1	-16	16	-16	16
6031.25-6031.75	6031.5	17	0	0	0	0	0
6031.75-6032.25	6032.0	11	1	11	11	11	11
6032.25-6032.75	6032.5	5	2	10	20	40	80
6032.75-6033.25	6033.0	2	3	6	18	54	162
6033.25-6033.75	6033.5	1	4	4	16	64	256
Сумма	-	65	-	-16	160	-64	1168

Таблица 6

Результаты обработки статистических рядов наблюдений

Рулетка	$\bar{x}$, мм	S , мм	E	σ_E	A	σ_A
№ 201204218	6031.38	0.77	+0.19	0.56	+0.22	0.29
№ 201204221	6031.56	0.75	+0.16	0.56	+0.12	0.29

Проверка гипотезы о равенстве средних из генеральных совокупностей выполнена с помощью статистического t -критерия [2]:

$$t = \frac{\bar{x}_2 - \bar{x}_3}{\sqrt{(n_2 - 1)S_2^2 + (n_3 - 1)S_3^2}} \sqrt{\frac{n_2 n_3 (n_2 + n_3 - 2)}{n_2 + n_3}}$$

При $\bar{x}_2 = 6031.38$ мм, $\bar{x}_3 = 6031.56$ мм, $S_2 = 0.77$ мм, $S_3 = 0.75$ мм и $n_2 = n_3 = 65$ получим $t = 1.350$. Сравним вычисленное значение t с табличным значением t_p , которое для принятых вероятностей 0,95 и 0,99 составит соответственно $t_{0,95} = 1.997$ и $t_{0,99} = 2.653$ [2]. Поскольку $|t| < t_p$, то между результатами измерений двумя рулетками нет существенного различия.

Для сравнения результатов измерений, выполненных контрольной линейкой и рулетками, примем $\bar{x}_1 = 6031.38$ мм, (см.табл.3), $\bar{x}_3 = 6031.56$ мм, $S_1 = 0.05$ мм, $S_3 = 0.75$ мм, $n_1 = 6$ и $n_3 = 65$. В этом случае получим $t = 0.584$. Таким образом, поскольку для нормального метра табличные значения $t_{0,95} = 2.571$ и $t_{0,99} = 4.032$ не превышают вычисленного значения t , то между результатами указанных измерений также нет существенных различий.

Доверительные интервалы для средних квадратических погрешностей измерений, выполненных ру-

летками, вычислены по формуле:

$$Sz_1 \sqrt{\frac{n-1}{n}} < m < Sz_2 \sqrt{\frac{n-1}{n}},$$

где z_1, z_2 – коэффициенты, зависящие от уровня доверительной вероятности P и числа степеней свободы $k = n - 1$.

Для $P = 0.99$ и $k = 64$ из специальных таблиц [2] находим $z_1 = 0.82$ и $z_2 = 1.27$. Тогда получим следующие доверительные интервалы:

0.63 мм $< m < 0.98$ мм для рулетки №201204218;

0.61 мм $< m < 0.94$ мм для рулетки №201204221.

Таким образом, на основании выполненных исследований можно сделать вывод о возможности и целесообразности использования лазерных рулеток для разбивки межосевых интервалов.

Литература

- ГОСТ 21779-82. Нормы точности в сборном строительстве. Технологические допуски. М.: Госстандарт, 1983.
- Статистический анализ в научных работах. Методическое пособие. / М.Е.Казаринова, Л.Н.Тепман, В.И.Клепов, И.Н.Каплан. Брянск: Приокск. книжн. изд-во, 1974. 71 с.

Потюхляев Владимир Григорьевич, канд.техн.наук, доцент кафедры Инженерной геодезии, тел. +7(812) 328-84-13, E-mail: spmi-ig@yandex.ru;

Зубов Андрей Владимирович, канд.техн.наук, доцент кафедры Инженерной геодезии, тел. +7(812) 328-84-13, E-mail: zaw@spmi.ru (Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург)

УДК 622.83

Н.Коли, У.Райх

МОНИТОРИНГ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ УСТОЙЧИВОСТИ БОРТОВ КАРЬЕРА С ПОМОЩЬЮ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Рассмотрено использование усовершенствованной радиолокационной технологии на базе радиолокатора с реальной апертурой при оценках устойчивости уступов бортов карьеров и отвалов, представлены ее краткое описание и примеры использования. Показаны целесообразность и преимущества данной технологии при организации мониторинга для получения наиболее объективной информации о динамике возникающих в бортах и уступах карьера деформационных процессах с целью обеспечения безаварийной работы карьеров.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: карьер; деформации; оценка устойчивости; мониторинг; радиолокатор с реальной апертурой; IBIS.

N.Koli, U.Raykh

MONITORING IN REAL TIME OF STABILITY OF BORDERS OF THE PIT BY MEANS OF ADVANCED RADAR TECHNOLOGY

Use of advanced radar technology on the basis of the radar with a real aperture at estimates of stability of ledges of boards of pits and dumps is considered, her short description and examples of use are submitted. Expediency and advantages of this technology at the organization of monitoring for obtaining the most objective information on dynamics are shown the deformation processes arising in boards and ledges of a pit for the purpose of ensuring trouble-free operation of pits.

KEY WORDS: pit; deformations; stability assessment; monitoring; the radar with a real aperture; IBIS.

1. Введение

Радар для отслеживания состояния откосов – это общепринятый мощный инструмент для мониторинга и прогноза устойчивости естественных и искусственных склонов. Радиолокационная технология, в которой применяются интерферометрические методы, дает преимущества высокоточных измерений на больших расстояниях с ограничением воздействия атмосферных явлений на точность измерений. Благодаря возможности быстрого получения данных по чрезвычайно большой площади практически в реальном времени, радарные установки эффективно применяются для достижения лучшего понимания пространственного распределения деформаций бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах, а также для принятия своевременных технических решений в случае их прогрессирующих смещений, которые могут привести к обрушению и созданию аварийной ситуации.

В основе радара для мониторинга состояния устойчивости уступов, бортов карьеров лежит радиолокатор с реальной апертурой (РРА) (обычно используются параболические антенны большого размера для изучения наблюдаемого сценария), который изначально использовался в горнодобывающей промышленности для отслеживания в режиме, близком к реальному времени, специфических «критических» зон карьера. Из-за ограничений, возникающих вследствие пространственного разрешения, которого можно достичь с помощью радиолокации с реальной апертурой, ее ограниченного рабочего диапазона и значительного количества времени, требуемого на получение отдельного радиолокационного изображения, в зоны мониторинга обычно включаются только участки карьера, где смещения были сначала обнаружены обычными системами мониторинга, такими, как тахеометрическая съемка или геотехнические датчики.

Изначально разработанные для спутниковых технологий отслеживания деформаций земной поверхности, радиолокаторы с синтезированной апертурой (РСА) превратились в конфигурируемый инструмент для наблюдений за смещениями бортов и откосов уступов карьеров.

Так как РСА нацелен на применение при горных работах и имеет быструю частоту регенерации (примерно 2-3 минуты на весь сценарий), он дает пользователю мгновенное и комплексное представление о состоянии карьера. Вне зависимости от размера и скорости данные о смещении в каждый момент обеспечивают для пользователей подход "все в одном", который позволяет сочетать критические для безопасности и долгосрочные данные по большой площади в режиме, близком к реальному времени.

2. Технология РСА

Радар для мониторинга состояния бортов и уступов карьера, основанный на технологии РСА, характеризуется ограниченным количеством подвижных элементов по сравнению с параболической антенной РРА, и обычно состоит из радиолокационного датчика, линейного сканера и блока питания. Небольшие рупорные антенны не подвержены вызванным ветром вибрациям и обеспечивают большую зону охвата при сканировании на большом расстоянии (Mitri and Vennes, 2014; Atzeni et al., 2015).

Такая конфигурация позволяет радару на основе РСА сократить обычное время получения изображения наблюдаемой зоны с полным разрешением (например, 5 минут для охвата зоны 6-8 км² на рабочем расстоянии 2 км).

Один из имеющихся на рынке на сегодняшний день радиолокаторов для мониторинга состояния бортов и уступов карьеров – это IBIS, производимый Компанией ИДС (IDS).

Стандартный элемент разрешения радиолокатора IBIS РСА может быть 0,5×4,3 м на расстоянии 1 км, по отношению к разрешению около 8,5×8,5 м для параболической антенны, используемой в РРА и работающей на том же расстоянии. Точность измерения варьируется от 0,1 до 0,2 мм вдоль линии радиолокационной видимости в пределах первого км от уклона и менее 1 мм в пределах 2-4 км (Pieraccini et al., 2013).

Высокое пространственное разрешение – это важная дополнительная особенность для открытых горных работ, так как она означает повышенную чувстви-

тельность к смещениям бортов и уступов карьера и возможность обнаружения небольших зон обрушений, в частности, обрушений небольших уступов.

Это преимущество, в сочетании с большим пространственным охватом, делает РСА превосходным инструментом для одновременного исследования всего диапазона очагов нестабильности бортов и уступов карьера в пространственном масштабе (обрушения как небольших уступов, так и всего борта).

Еще одна инновация радиолокатора IBIS – это алгоритм обработки данных, применяемый для коррекции воздействия атмосферных явлений. Вызванные атмосферными явлениями артефакты возникают вследствие изменения показателя преломления воздуха (функция температуры, влажности и давления) и могут быть истолкованы как ложные смещения, если они не распознаны и не обработаны надлежащим образом.

Стандартные алгоритмы, используемые РРА, подразумевают ручной выбор стабильных зон по отслеживаемому сценарию, которые используются как ориентиры для расчета атмосферной коррекции. При использовании этого метода производится только линейная оценка атмосферного воздействия, которое может быть принято как верное только в диапазоне от ближнего до среднего и большую часть времени не применимо в зонах с сильным атмосферным воздействием.

Усовершенствованный алгоритм, используемый РСА, основан на технике постоянного рассеивания, которая была изначально разработана для спутников и которая не подразумевает необходимости выбора атмосферной зоны пользователем (что является очень сложной задачей даже для опытных пользователей). Обработка данных основана на оценке атмосферного воздействия при осуществлении автоматического выбора сотен тысяч стабильных пикселей для исследования различий спектрального поведения во времени и пространстве. Автоматическая классификация, полученная в результате спутниковой интерферометрии, применяется при каждом радиолокационном обнаружении и используется для получения нелинейной модели атмосферной коррекции. Автоматический и итерационный расчет атмосферных артефактов по всему постоянному рассеиванию делает возможным расширение рабочего диапазона радара на большие расстояния (до 4 км) при сохранении высокой точности.

Радар на открытых горных работах обычно используется для мониторинга представляющих опасность деформаций бортов и уступов карьеров, посредством подачи сигналов тревоги в режиме реального времени на основании определенных пользователем предельных значений скорости деформаций. Благодаря имеющейся возможности стационарной установки (в силу большой дальности работы и высокого пространственного разрешения), технология РСА позволяет отслеживать развитие опасных моментов с одновременной фиксацией общего состояния наблюдаемого участка для осуществления геотехнического анализа. Более того, постоянное хранение данных может быть использовано для долгосрочного прогноза смещений, что может оказаться полезным для регулирования и ретроспективного анализа опасных по развивающимся деформациям зон карьера, а также более полного и ком-

плексного геотехнического/геологического анализа.

3. Анализ опасных зон при открытых горных работах

Использование радара IBIS при открытых горных работах обеспечивает возможность своевременного обнаружения и регулирования больших зон неустойчивости всего борта, множественных переходных уступов, а также локализованный мониторинг в одно и то же время.

Основной целью использования IBIS является мониторинг для безопасности, а именно подача предупреждающих сигналов в случае обнаружения прогрессирующих смещений на основе измерений их объема/скорости. Радар становится инструментом, сочетаемым с другими источниками мониторинговой информации, для минимизации рисков посредством определения опасных условий и содействия в процессе принятия решений.

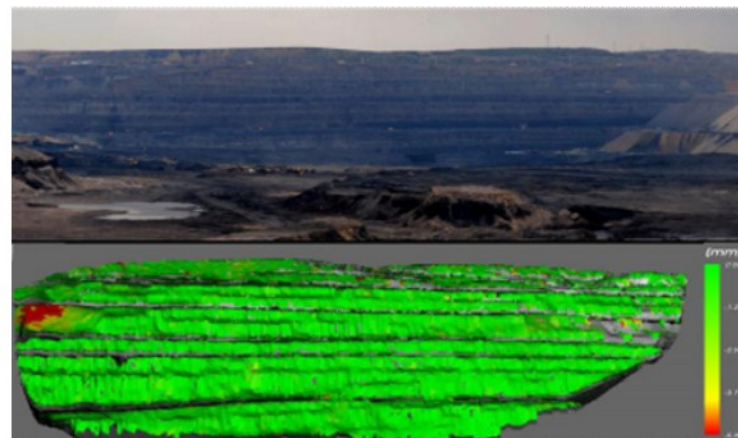


Рис.1. Пример установки РСА на угольном разрезе на максимальном расстоянии 2,4 км. Карта смещения показана на цифровой модели местности (ЦММ) разреза

Также долгосрочный мониторинг (в течение нескольких месяцев или лет) на больших участках карьера позволяет инженерам-геомеханикам лучше понять механизм крупномасштабных зон неустойчивости посредством получения данных о прочности горного массива и его деформациях (рис.2).

Использование радара таким образом, в основном нацеленное на разработку эффективных планов устранения последствий, также облегчается возможностью интеграции карт смещения с привязкой к местности, полученных с помощью радара, с другими геологическими/геотехническими слоями, и их импорта в программное обеспечение по планированию работ и ГИС. Основной геоморфологический анализ может быть осуществлен посредством отображения карт смещения или скорости на ЦММ карьера в трехмерном изображении (3D) (рис.1). Также подробный мониторинг как с пространственной, так и с временной точек зрения, является важным источником информации для надежной калибровки и валидации моделей анализа устойчивости – для определения механизмов запуска и видов обрушений, а также для оценки эффективности применяемой структуры бортов карьера.

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

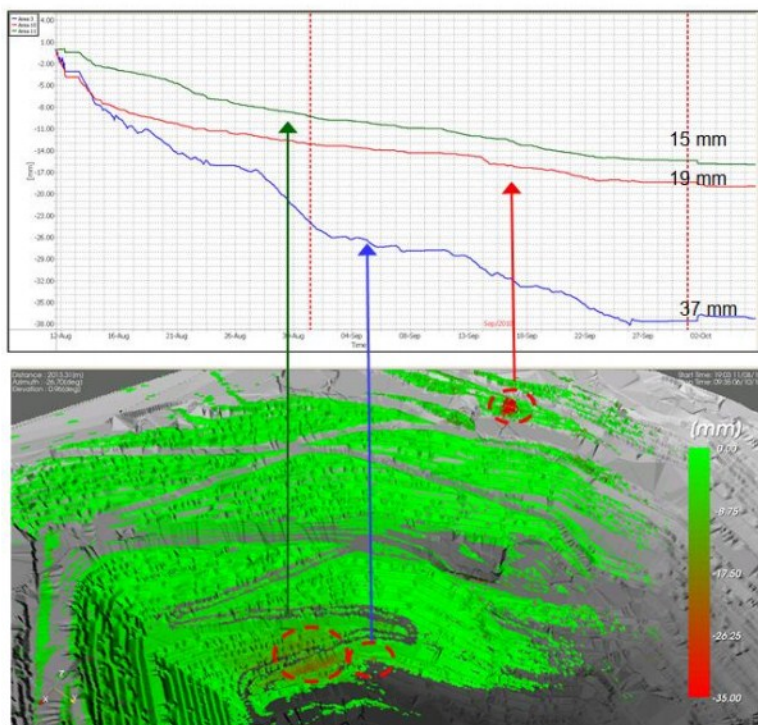


Рис.2. Внизу – Общая карта смещений с привязкой к местности (55 дней) с момента установки компанией БиЭйчПи Биллитон (BHP Billiton) на руднике Эскондида, Чили, на максимальном расстоянии 2,5 км. Вверху – Временной ряд смещений

4. Полный мониторинг карьера – 360 градусов

В случае множества радиолокационных установок обычные радиолокаторы с реальной апертурой (PPA) работают независимо и отображают отдельные данные с подмножества участков зоны открытых разработок. Используя преимущества технологии IBIS, разработанное в последнее время программное обеспечение в настоящий момент времени расширяет возможность деформационного мониторинга и позволяет интегрировать данные с множества систем IBIS и отобразить их на одном дисплее (рис.3), при этом производится полный мониторинг на 360 градусов, преимуществом которого является способность своевременно отслеживать обрушения как небольших уступов, так и множественные обрушения.

Раннее распознавание как крупномасштабных, так и небольших зон неустойчивости по всем бортам карьера, без необходимости предварительных сведений о подвижных зонах (которая может возникнуть при использовании радара с небольшим диапазоном), позволяет повысить осведомленность о подвижности и понимание деформационного состояния борта.

Концепция полного мониторинга состояния бортов и уступов FPM360, основанная на возможностях радара IBIS, имеет следующие преимущества:

- мониторинг опасных зон и общего состояния карьера в режиме 24/7 с получением полных сведений о ситуации, возможных и потенциальных зонах опасности;
- оптимизация установок обычной системы мониторинга, таких, как призмы тахеометров или экстензометров, посредством обнаружения новых очагов активности в ранее стабильных зонах;
- оптимизация планирования производства посредством разработки надлежащих стратегий

уменьшения последствий в соответствии с долгосрочной информацией, полученной в ходе мониторинга общего фона (например, откачка воды, оптимизация взрывных техник и т.д.).

Также, высокое пространственное разрешение IBIS и большой диапазон охвата позволяет производить комплексный мониторинг состояния бортов и уступов с помощью минимального количества систем. В зависимости от геометрии карьера и эксплуатационных условий обычно 2-4 системы охватывают весь карьер.

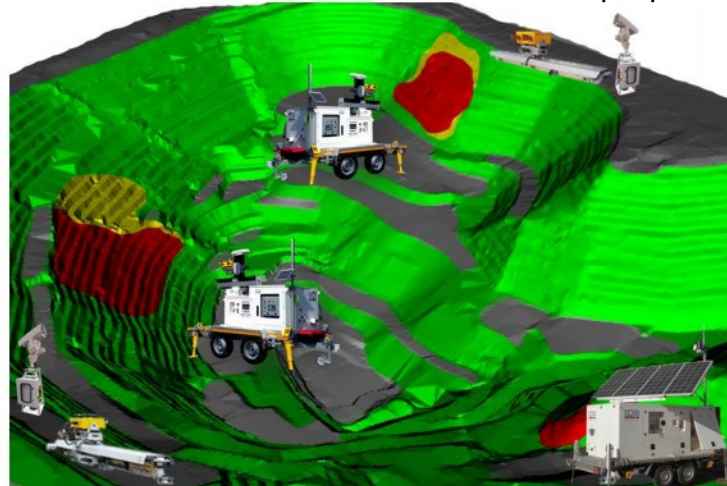


Рис.3. Концептуальный пример компоновки для полного мониторинга карьера. Показаны все системы семейства IBIS

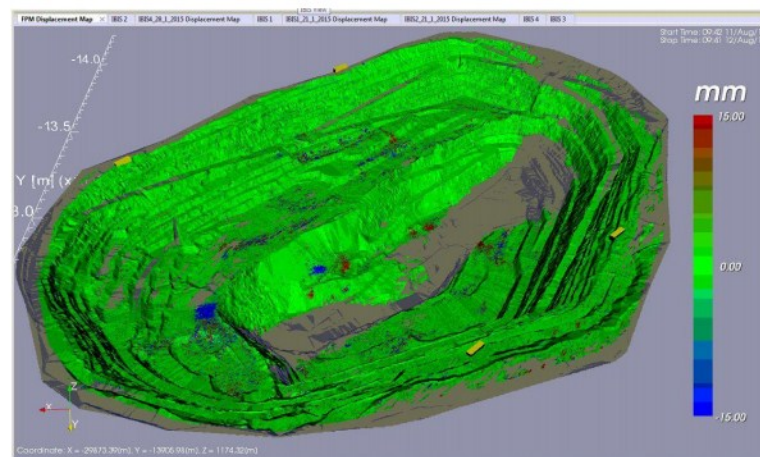


Рис.4. Пример: полный охват достигается с помощью 4 установок IBIS-FM, расположенных по краю карьера

5. Многомасштабная обработка

Технология IBIS обладает возможностью измерить быстрые смещения от мм/день до нескольких десятков см/день, типичные для скорости деформации при деформационном мониторинге. Система также может обнаружить очень медленные смещения (мм/месяц).

Обнаружение медленных смещений является уникальной особенностью модуля обработки IBIS, который способен охватить в режиме реального времени до четырех диапазонов смещения (от десятков мм/час до нескольких мм/месяц). Анализ радиолокационных данных с помощью этого модуля обработки делает возможным обнаружение в режиме реального времени обширного диапазона смещений, что позволяет пользователю одновременно определять зоны быстрого и медленного смещения и сравнивать скорость смещения между зонами.

Возможность обнаружения неизвестных опасностей начинается со способности быстрого нахождения зон медленного смещения при отслеживании максимально большой части борта карьера. Определение медленного смещения с очень высоким пространственным разрешением позволяет геотехническому персоналу и проектировщикам получить дополнительное время для оценки устойчивости бортов и уступов карьера и принять упреждающие технические решения до того, как достигнутые смещения начнут угрожать нормальной работе в карьере.

Многомасштабное обнаружение смещений, в сочетании с комплексным мониторингом карьера и долгосрочными наборами данных, в последнее время стало важной частью планирования горных работ и уменьшения геотехнических рисков.

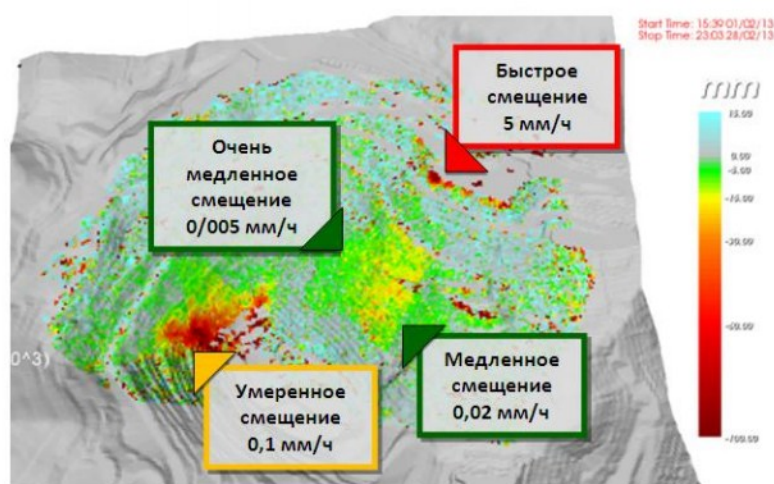


Рис.5. Пример концептуальной визуализации техники многомасштабной обработки

6. Предметные исследования

Раннее обнаружение смещений бортов и уступов карьера сыграло решающую роль в Африке 23 октября 2013 г., когда критические смещения были своевременно обнаружены радаром IBIS и были поданы сигналы для принятия необходимых мер.

Вследствие сложных геологических особенностей, угол наклона слоев поблизости от рудника варьируется от 10° до 40° и был ограничен крупными разломами, крутонаправленными к юго-восточному

борту. Структура восточного борта карьера обусловила угрозу его устойчивости и привела к необходимости использования систем радиолокационного мониторинга.

Начало движения было зафиксировано радаром за месяц до обрушения. Время обрушения было точно предсказано с помощью обратного скоростного подхода, который выявил четкую тенденцию с утра 21 октября и указал на время возможного обрушения ранним утром 23 октября (рис.7).

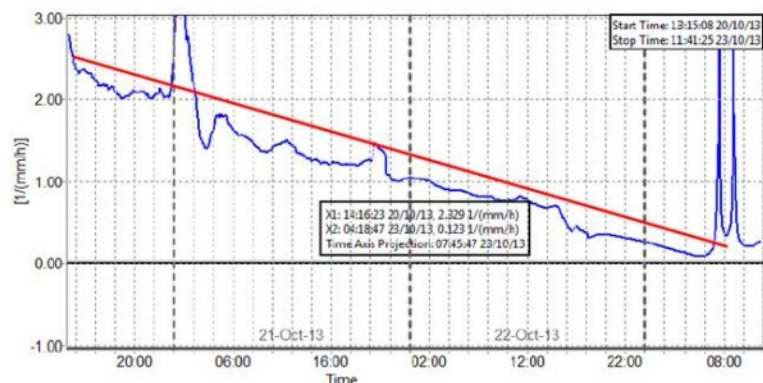


Рис.7. Временной ряд смещения обратной скорости по отношению к обрушению множества уступов, зарегистрированному радаром IBIS

Другой участок открытых горных работ находился в субарктическом климате и для него были характерны крутые борта, разрабатываемые в крепких породах, перемежающихся несколькими продолжительными и сильно наклонными зонами сдвига, практически параллельными откосам бортов карьера, что представляло собой опасный сценарий.

Зоны сдвига, частично измененные в значительной степени и в некоторых местах соединенные, привели к неустойчивости уступов, которая обычно приводит к обвалам, обрушениям слоев и частей уступов. Одна из наиболее значительных зон сдвига расположена по восточному борту карьера, в рудном пласте, практически соприкасающемся с пустой породой. Зона сдвига проходит почти по всему восточному борту карьера.

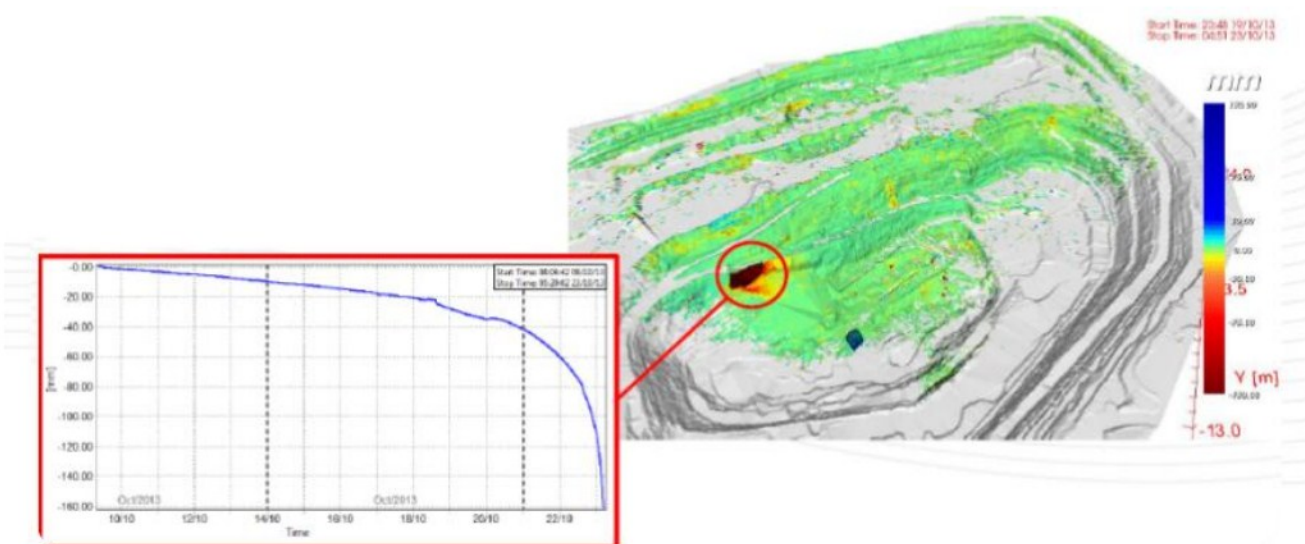


Рис.6. Временной ряд смещения по отношению к обрушению множества уступов, зарегистрированному радаром IBIS

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

На рис.8 показано, каким образом PCA IBIS смог уловить некоторые смещения в подступах, связанные с обрушением сектора уступа. Несмотря на то, что радар работал на расстоянии более 1 км от откоса, высокое пространственное разрешение обеспечило возможность получения данных о смещении практически за двенадцать часов до обрушения и выдачи четких указаний в отношении подвижной зоны.

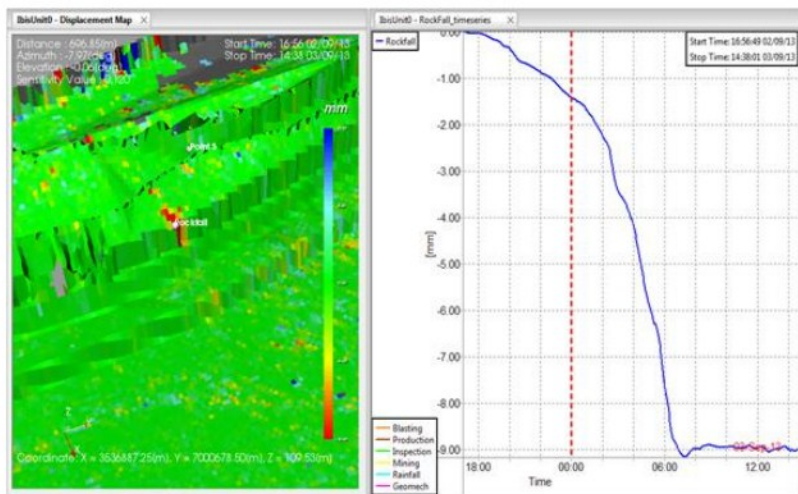


Рис.8. Карта смещения IBIS и временная последовательность обрушения подступов, которые произошли на практически вертикальном уступе

7. Выводы

Радиолокатор для отслеживания состояния бортов и уступов карьеров вошел в стандартную практику деформационного мониторинга их состояния в режиме, близком к реальному времени, на открытых работах. Разработка в последние годы радаров для такого мониторинга на основании радара IBIS PCA – это явный шаг в усовершенствовании радиолокационных технологий и расширения возможностей мониторинга.

Преимущества системы PCA по отношению к установкам PPA предыдущего поколения связаны с улучшением пространственного разрешения, рабочим расстоянием до наблюдаемого участка, временем обнаружения, коррекцией влияния атмосферных явлений: меньшим количеством подвижных элементов и меньшим энергопотреблением. Усовершенствование этих особенностей позволяет пользователям увеличить охват возможных зон неустойчивости откоса на всех уровнях, от обрушений уступа до обрушений всего борта, и расширить диапазон отслеживаемой скорости деформации, включив в них медленные деформации (Farina et al., 2011). Это делает PCA идеальным инструментом как для тактического, так и для стратегического мониторинга (Farina et al., 2012).

Радар IBIS представляет собой ценный инструмент управления рисками, связанными с обруше-

ем, обеспечивающий эффективный тактический мониторинг подвижной зоны и стратегический мониторинг всего борта.

Возможность обработки долгосрочных данных в сочетании с широким диапазоном и высоким разрешением позволяет отслеживать всю эволюцию сдвигов с самого их начала и представляет собой ценный инструмент геотехнического персонала для выполнения ретроспективного анализа обрушения и разработки возможных стратегий уменьшения вероятности наступления таких событий посредством, например, пересмотра программы взрывных работ и работ по откачке воды.

Также программное обеспечение в настоящий момент позволило осуществлять комплексный мониторинг карьера с помощью интегрированных систем IBIS, обеспечивающих охват уклонов карьера на 360° в режиме реального времени. В результате круглосуточного мониторинга опасных зон возможность обработки долгосрочных (охватывающих месяцы) наборов данных для мониторинга общего состояния и ретроспективного геотехнического анализа по всему карьере и охвата на 360 градусов оказывает существенное воздействие на практику радиолокационного мониторинга в современных карьерах и разрезах.

Литература

1. Atzeni C., Barla M., Pieraccini F., Antolini A. 2015. Early Warning monitoring of natural and engineered slopes with Ground Based Synthetic Aperture Radar. *Roc. Mech. Roc. Eng.*, vol 48, Issue 1, pp 235-246, Springer.
2. Farina P., Leoni L., Babboni F., Coppi F., Mayer L., Ricci P. 2011. IBIS-M, Innovative Radar for Monitoring Slopes in Open-Pit Mines. *Proceedings, Slope Stability 2011: International Symposium on Rock Slope Stability in Open Pit Mining and Civil Engineering*. Vancouver, Canada (September 18-21, 2011)
3. Farina P., Leoni L., Babboni F., Coppi F., Mayer L., Coli N., Helbawi A. 2012. Monitoring open pit slopes through Slope Monitoring Radar based on Synthetic Aperture Radar. *Proceedings RockEng 2012 21st Canadian Rock Mechanics Symposium*. Edmonton (AB), Canada. May 5-9, 2012, 6 pp
4. Farina P., Coli N., Yon R., Eken G., Ketizmen H. 2013. Efficient real time stability monitoring of mine walls: the Çöllolar Mine case study. *Proceedings of 23rd International Mining Congress & Exhibition of Turkey*, 16-19 April 2013, Antalya, Turkey.
5. Mitri, H. and Vennes, I. 2014. Rock Slope Surface Monitoring Technologies with Focus on Ground-Based Synthetic Aperture Radar. *Proceedings Mine Planning and Equipment Selection*. Switzerland, 2014.
6. Pieraccini, M., 2013. Real Beam vs. Synthetic Aperture Radar for Slope Monitoring. *Proceedings Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings*. Stockholm, Sweden, Aug. 12-15, 2013.

Никколо Коли, ИДС Инженерия, Деи Системи СпА, Италия (IDS Ingegneria Dei Sistemi SpA, Italy);
Уве Райх, Генеральный директор ООО "Терра технолоджис" (ООО "Terra technologies", Russia), Россия, Партнер компании "Terra international surveys ag"

УДК 528.721.221.6

С.И. Котельников

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ДЛЯ МОНИТОРИНГА НЕФТЕНАЛИВНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ*)

Старые стандарты по съемке резервуаров не обеспечивают качественный, быстрый и надежный с точки зрения точности и объективности данных результат. Технология сканирования позволяет получать трехмерные модели резервуаров, по которым в результате обработки данных могут быть получены калибровочные таблицы, данные об отклонении формы резервуара от идеальной или проектной с анализом величины отклонений, оценка вертикальности стенок, отклонений от горизонтали наружного контура днища и т.д. Высочайшая производительность и автоматизация полевых работ при использовании метода лазерного сканирования позволяют провести эту работу максимально оперативно, точно и с высокой степенью объективности конечных данных.

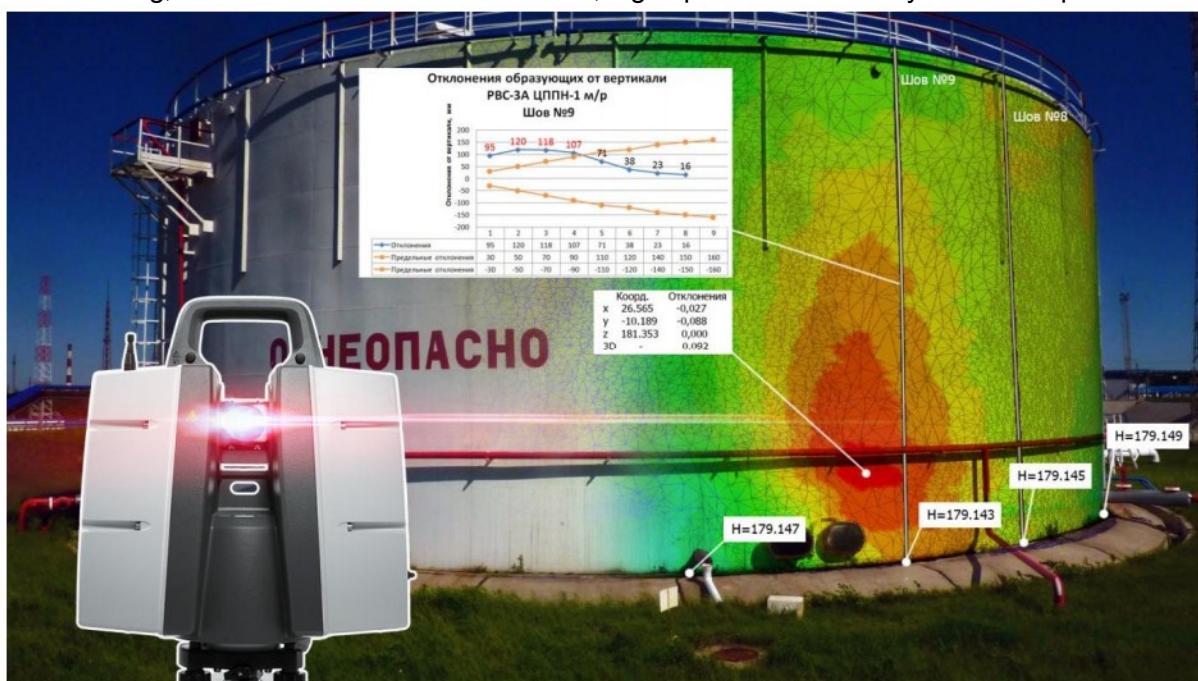
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: лазерное сканирование; трехмерная модель резервуаров; высокая скорость и точность получения данных.

S.I. Kotelnikov

APPLICATION OF TECHNOLOGY OF LASER SCANNING FOR MONITORING OF OIL TANKS

Old standards on shooting of tanks don't provide qualitative, fast and reliable from the point of view of accuracy and objectivity of data result. The technology of scanning allows to receive three-dimensional models of tanks on which as a result of data processing calibration tables, data on a tank form deviation from the size of deviations, ideal or design with the analysis, an assessment of vertical position of walls, deviations from a horizontal of an external contour of the bottom, etc. can be obtained. The highest productivity and automation of field works when using a method of laser scanning allow to carry out this work most quickly, precisely and with high degree of objectivity of final data.

KEY WORDS: laser scanning; three-dimensional model of tanks; high speed and accuracy of data acquisition.



Точное документирование геометрии нефтеналивных резервуаров актуально не только для калибровки и поверки с целью определения объема, но и для мониторинга, который включает в себя периодическое инспектирование и анализ целого ряда геометрических параметров.

Несмотря на кажущуюся простоту формы резервуара, которая, в случае, например, вертикальных стальных резервуаров, близка к цилиндрической, их реальная геометрия далека от идеальной. Это касается как новых, так и в большей степени уже эксплуатирующихся объектов. Для резервуаров больших объемов (тысячи кубических метров и выше) процесс проведения измерений – достаточно трудоемкая процедура, и задача его оптимизации – крайне актуальна.

До недавнего времени самыми передовыми измерительными приборами для этих целей считались стан-

дартные тахеометры и нивелиры, главный недостаток которых – большое количество измерений, выполняемых вручную, что определяет высокую вероятность ошибок субъективного характера. Кроме того, из-за низкой скорости и автоматизации такой съемки нет гарантии того, что все необходимые детали геометрии резервуара будут отражены.

Наземное лазерное сканирование – современная технология трехмерной съемки объектов, которая уже показала свою эффективность при реконструкции промышленных объектов, в архитектуре, строительстве, горном деле и целом ряде других областей. Важно отметить, что сканер позволяет оперативно производить детализированную трехмерную съемку в существенно автоматизированном режиме, что минимизирует влияние оператора на процесс полевых работ. Последние модели систем сканирования от швейцарской компании Leica Geosystems – ScanStation P30 и P40 (с максимальной дальностью 120 м и 270 м соответственно) – обладают целым рядом уникальных особенностей, которые

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

имеют принципиальное значение именно для мониторинга резервуаров (рис.1).

1) Высокая скорость полевых работ. Здесь имеется в виду не только максимальная скорость измерений – до миллиона точек в секунду, которая уже стала стандартном для современных приборов такого класса. Такая скорость в большинстве «быстрых» сканеров достигается лишь при минимальной величине параметра «Качество данных», при котором объекты оцифровываются с достаточно грубой точностью. Улучшение качества данных до приемлемого уровня достигается путем увеличения количества измерений на каждую точку и усреднения полученной информации, что приводит к существенному увеличению времени съемки. Реальная скорость при этом может упасть с миллиона до десятков тысяч точек в секунду. В настройках сканирования ScanStation P30/40 понятие «Качество данных» отсутствует – даже при одном измерении на каждую точку достигается миллиметровая точность дальномера. Этот нюанс оказывает существенное влияние на время нахождения на каждой станции, то есть на скорость проведения полевых работ в целом.

2) Высокое качество данных. Точность дальномера ScanStation P30/40 согласно техническим характеристикам – $1.2 \text{ мм} + 2 \text{ ppm}$, то есть миллиметровую точность можно получить на всем диапазоне расстояний.

3) Возможность работы при любых погодных и климатических условиях. Указанные выше характеристики скорости и точности обеспечиваются в диапазоне температур от -20 до $+50^\circ\text{C}$, работать можно в дождь и снег. Рабочая температура – действительно важный параметр, так как часто возникают задачи сезонного мониторинга резервуаров, то есть необходимо выполнять

съемку в том числе и зимой.

4) Интеграция систем сканирования Leica с традиционной геодезией. Для того, чтобы проследить за изменениями геометрии резервуара во времени, требуется привязка данных сканирования к местной системе координат в рамках каждого цикла измерений. С помощью специальных адаптеров можно установить призму или GNSS-антенну на сканер и, таким образом, точно определить точку стояния прибора. Кроме этого, ScanStation P30/P40 – это фактически полноценный геодезический прибор. Его можно установить на точке с известными координатами, измеряя высоту сканера с помощью специальной рулетки с поправкой до оптического центра прибора, вводить координаты точек стояния сканера и марок во время полевого этапа или загрузить эти координаты в прибор заранее. Внутреннее программное обеспечение сканера поддерживает все виды геодезической привязки в процессе полевых работ, при этом ее можно осуществить и на стадии постобработки данных.

5) Возможность самостоятельной калибровки сканера пользователем. Плотная эксплуатация прибора со временем приводят к раскалибровке и потере точности данных. Сервисные центры лазерных сканеров находятся за рубежом, таким образом, калибровка – это очень затратный процесс, как по времени, так и с точки зрения финансов. Калибровку приборов Leica ScanStation P-серии пользователь может провести самостоятельно, процедура занимает около часа. При этом основные точностные характеристики будут соответствовать уровню заводских настроек.



Максимальная дальность	120 м (P30), 270 м (P40)
Скорость сканирования	1 млн. измерений в секунду
Точность дальномера	$1.2 + 2 \text{ ppm}$
Встроенная HDR-фотокамера	присутствует
Рабочая температура	От -20 до $+50^\circ\text{C}$
Пылевлагозащита	IP54
Возможность самостоятельной калибровки	присутствует

Рис. 1. Основные технические характеристики сканеров Leica ScanStation P30 и P40

Для того, чтобы более полно раскрыть все преимущества технологии сканирования в целом и решения Leica Geosystems в частности, а также показать, что происходит на этапе постобработки данных и получения конечного результата, рассмотрим стандартную схему работы по съемке и обработке данных сканирования резервуара на практике.

Полевые работы, как уже было сказано выше, включают в себя создание геодезического обоснования и собственно выполнения сканирования. Коротко о некоторых важных особенностях этого этапа:

- плотность точек на большей части поверхности резервуара должна быть не ниже 5 мм. Основания для съемки с такой высокой детализацией есть. Во-первых, на результатах сканирования должны хорошо идентифицироваться вертикальные и горизонтальные швы, которые представляют собой узкие (около 1 см) тонкие выпуклые линии. Оценка целого ряда параметров в процессе мониторинга резервуаров происходит именно вдоль этих швов.

Во-вторых, для определения горизонтальности окрайки (наружного контура днища) необходимо иметь достаточно плотное облако нижней части резервуара, где видимость может частично перекрываться растительностью. В ScanStation P30/40 присутствует функция задания разрешения (шага сканирования) на заданном пользователем расстоянии до объекта, которое сканер может точно измерить;

- количество станций сканирования может составлять от 6 и более, что определяется размером резервуара и расположением элементов, которые перекрывают поверхность сканирования.

Этап обработки полевых данных начинается со сшивки и геопривязки, то есть соединения данных сканирования с разных станций в единое облако точек и привязки этих данных к местной системе координат. Как уже говорилось, при использовании ScanStation P30/40 это можно сделать еще в полевых условиях, но в большинстве случаев эта операция осуществляется в программе Cyclone REGISTER. Важная особенность про-

граммы – возможность комбинирования разных типов сшивки/геопривязки между собой, используя для этого специальные марки (их можно распознавать как в поле, так и в программе Cyclone), перекрывающиеся участки облаков точек и даже построенные в Cyclone векторные элементы (например, участки трубопроводов). При необходимости некоторым объектам, участвующим в процессе сшивки/геопривязки, может быть задан меньший «вес» при общем уравнивании, например, в случае плохого качества сканирования некоторых марок. Конечный результат – отчет, генерируемый программой, который позволяет оценить точность и качество сшивки/геопривязки.

Геопривязанное облако точек очищается от измерений, соответствующих посторонним элементам на поверхности резервуара – трубам, лестницам и т.д. Далее пошагово рассмотрим, как происходит работа с облаком точек и получение конечного результата в программе 3DReshaper французской компании Technodigit.

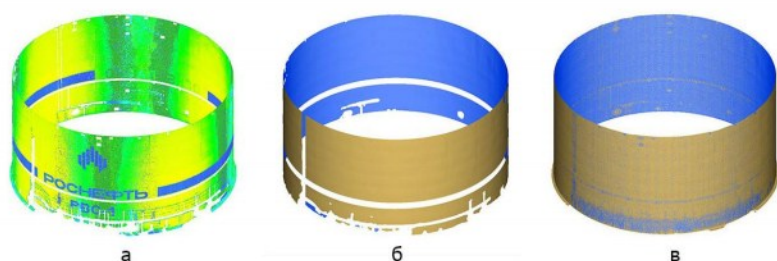


Рис.2. Облако точек резервуара (а), триангуляционная модель до (б) и после (в) редактирования

1. Создание триангуляционной модели, то есть преобразование облака точек в поверхность из треугольников. При этом окончательно убираются посторонние измерения, которые не были удалены на стадии очистки облака точек, а также корректно затягиваются «дырки» – следы элементов, закрывающих поверхность резервуара от сканера (рис.2).

2. Анализ дефектов поверхности резервуара путем сравнения его формы с идеальным цилиндром. Такое сравнение в 3DReshaper визуализируется в виде трехмерной цветовой карты отклонений. Можно получить информацию об отклонениях в каждой конкретной точке, оценить размер и величину вмятин и выпуклостей, сравнить результаты с допусками, которые существуют для резервуаров разного размера и срока эксплуатации (рис.3). Настроенная для резервуаров разного типа цветовая шкала может быть сохранена в качестве шаблона и использована для анализа других резервуаров.

Подобным же образом можно оценить изменение геометрии резервуара во времени, сравнив данные текущей и прошлых съемок. При этом для корректного анализа важно, чтобы съемки производились при приблизительно одинаковой степени заполнения резервуаров.

Трехмерная цветовая карта действительно наглядна и информативна, но для формирования отчетов в двумерном варианте можно также провести сравнение с идеальной геометрией по сечениям, сделанным вдоль горизонтальных швов (рис.4).

3. Анализ отклонения резервуара от вертикали. Он производится вдоль каждого вертикального шва – вот почему важна хорошая читаемость швов на облаке точек (рис.5).

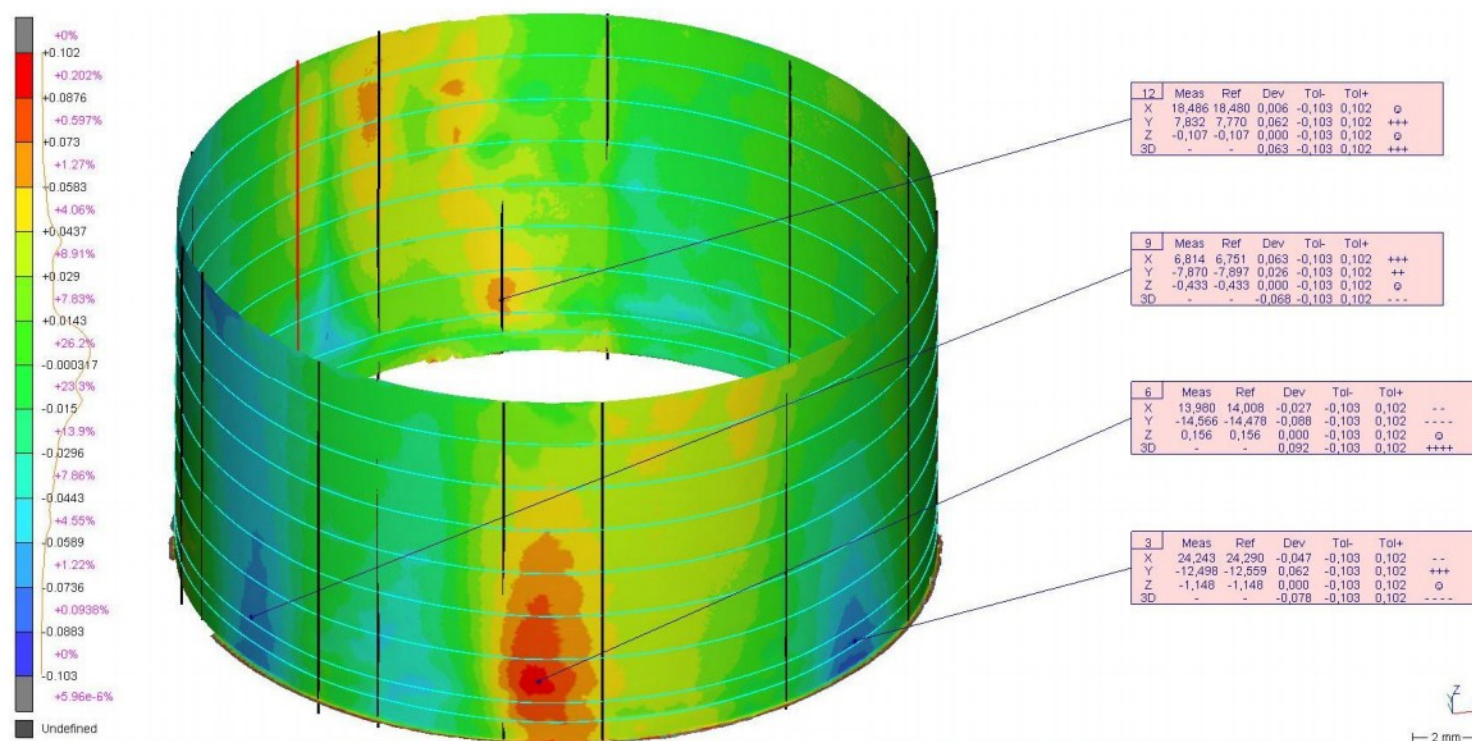


Рис.3. Карта отклонений геометрии резервуара от идеальной модели

Лестница

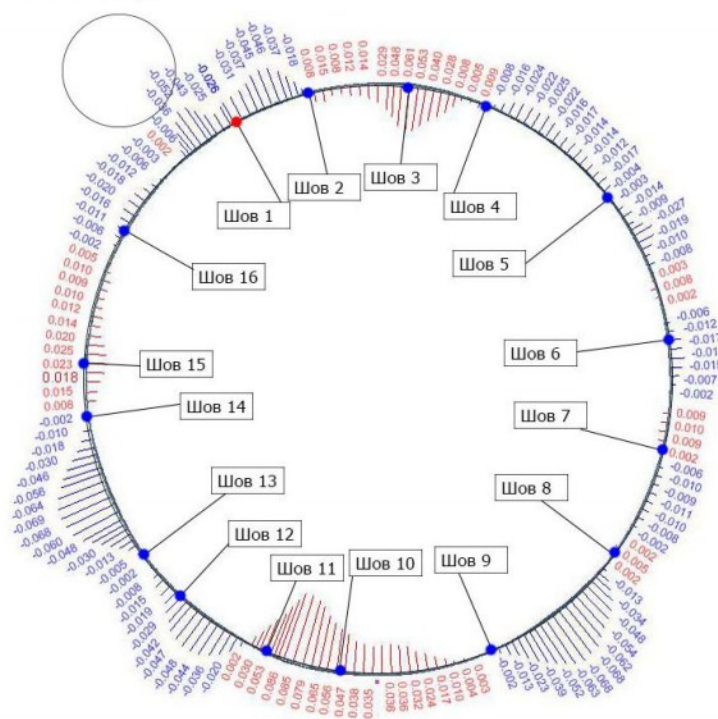


Рис.4. Отклонения геометрии резервуара от идеальной модели по горизонтальным швам

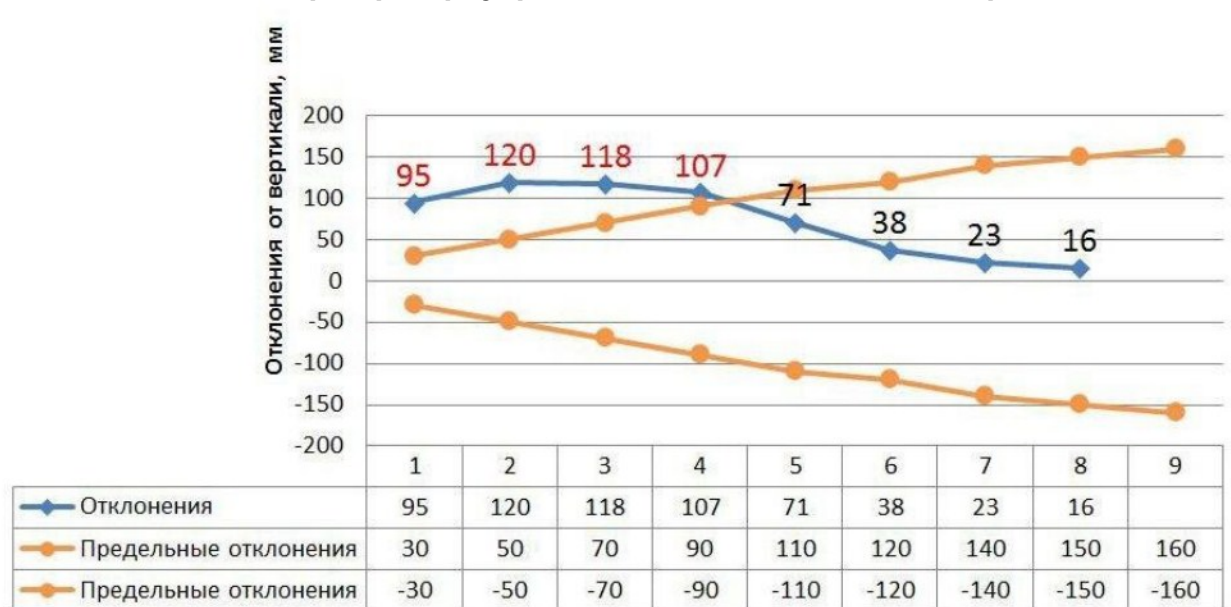


Рис.5. Оценка наклона резервуара по вертикальным швам

4. Анализ наклона окрайки резервуара. Измерение высотных отметок точек окрайки резервуара производится у основания первого пояса, это можно делать по облаку точек (рис.6). Как уже указывалось выше, при наличии растительности важным преимуществом лазерного сканирования оказывается высокая плотность измерений (рис.7).

5. Построение сплайновой (NURBS) модели резервуара для выполнения расчетов деформаций и напряжений. Триангуляционная модель в 3DReshaper преобразуется в сплайновую, редактируется и экспортируется в формат IGES для проведения соответствующих вычислений, например, в программном комплексе ANSYS (рис.8).

Для вышеперечисленных операций требуется построение целого ряда стандартных графиков и выполнение однотипных вычислений, которые к тому же по-

вторяются от резервуара к резервуару. Существенно автоматизировать процесс получения результатов в 3DReshaper позволяет как создание сценариев – определенной последовательности действий и команд, которая может быть записана и сохранена, – так и сохранение шаблонов отчетов, например, для графиков или настроек цветowych карт отклонений.

Таким образом, описанная выше система лазерного сканирования, состоящая из сканера Leica ScanStation P30 или P40 и программных комплексов Leica Cyclone и Technodigit 3DReshaper, может быть эффективно использована для мониторинга нефтеналивных резервуаров. Технология имеет существенные преимущества перед традиционными методами за счет высокой скорости полевых работ, полноты и детализации полученных данных, а также существенной автоматизации процесса обработки при использовании сценариев и шаблонов.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

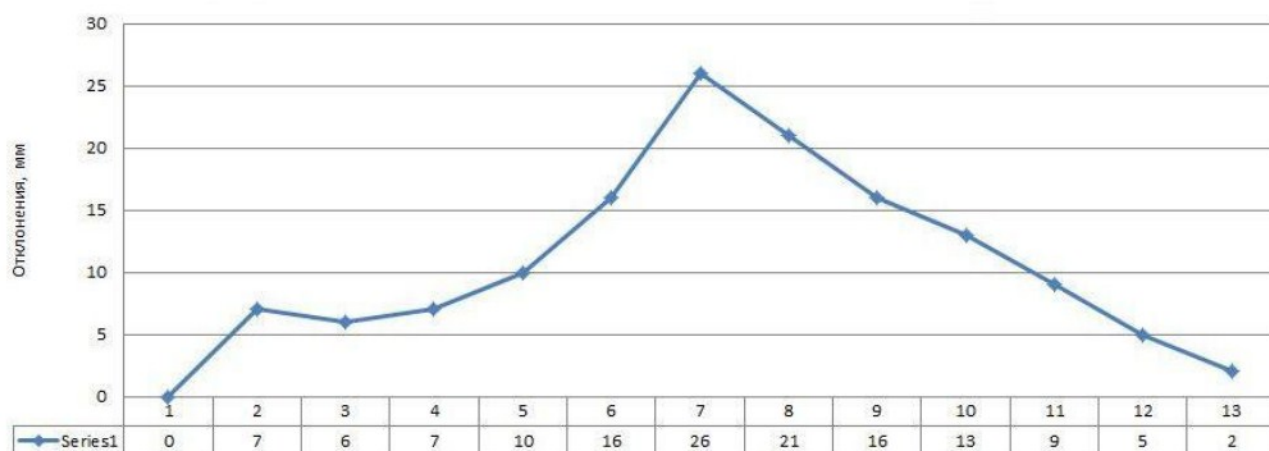


Рис. 6. График изменения отметки высоты окрайки резервуара

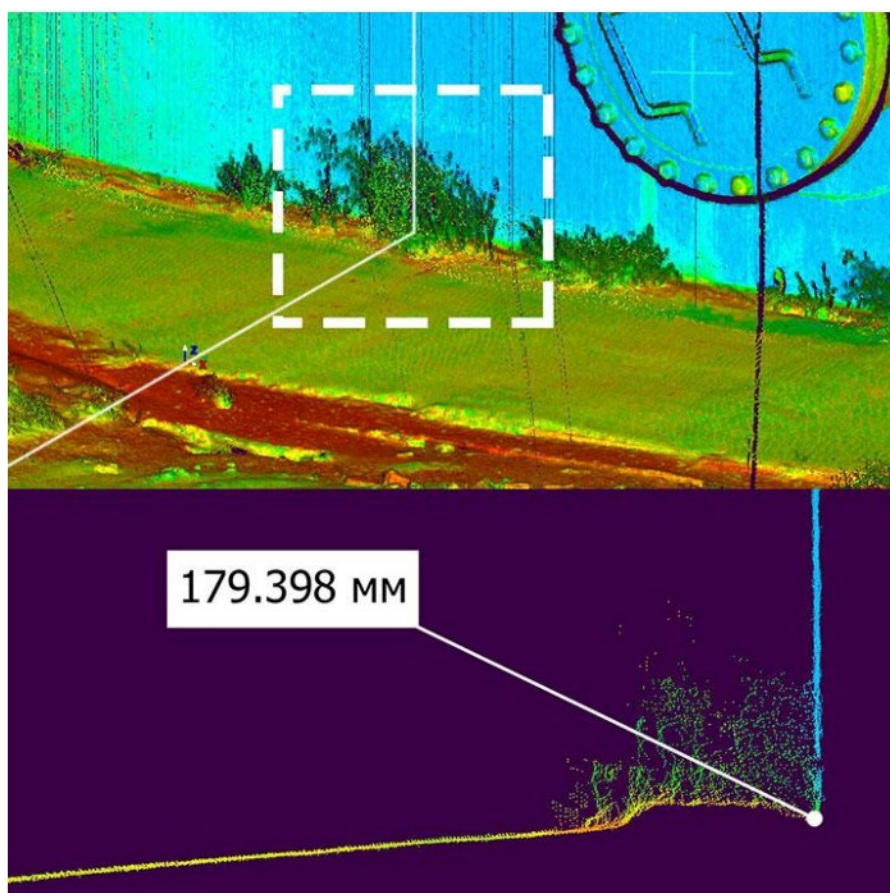


Рис.7. Высокая плотность сканирования позволяет получать информацию о высотной отметке окрайки даже если она частично закрыта растительностью

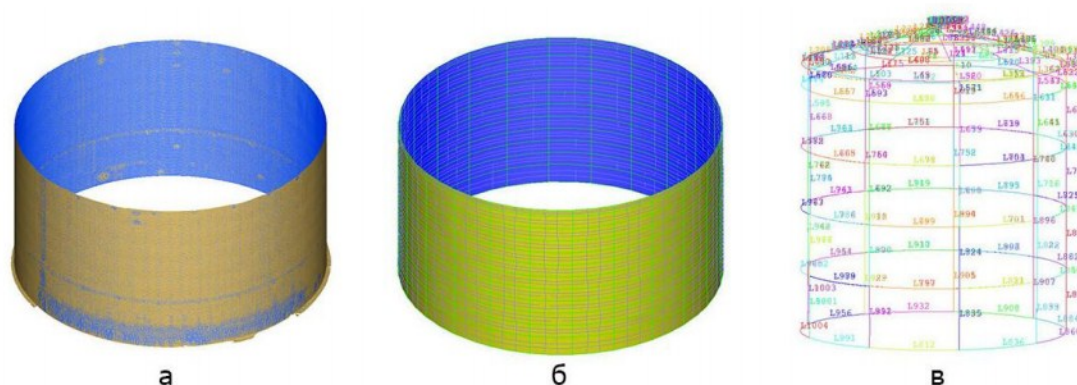


Рис.8. Триангуляционная (а), сплайновая (б) модель резервуара и результаты расчетов программе ANSYS (в)

Сергей Игоревич Котельников, канд. геол.-минер.наук,
руководитель отдела лазерного сканирования,
ООО «НАВГЕОКОМ», г.Москва, тел.(495)781-77-77,
E-mail: info@navgeocom.ru, сайт: www.navgeocom.ru

*) Публикуется на правах рекламы

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

УДК: 622.283.74/76

М.А.Розенбаум, Ю.П.Коренной, Д.Н.Демёхин, А.Б.Соколов

РАСЧЁТ НАГРУЗОК НА КРЕПЬ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК ПО ВЕСУ ПОРОД КРОВЛИ, ЗАКЛЮЧЕННОГО В СВОДЕ ЕСТЕСТВЕННОГО РАВНОВЕСИЯ

Приведена методика расчёта нагрузок на крепь горных выработок по весу пород кровли, заключенных в своде естественного равновесия с учётом глубины расположения горных выработок.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: зона опорного давления; глубина работ; свод естественного равновесия.

М.А.Rozenbaum, Yu.P.Korennoy, D.N.Demekhin, A.B.Sokolov

CALCULATION OF LOADS ON THE SUPPORT OF MINE WORKINGS BY WEIGHT OF ROOF ROCKS, CONFINED IN THE VAULT OF NATURAL EQUILIBRIUM

The calculation of loads on mine workings by weight of roof rocks, confined in the vault of natural equilibrium with account of depth of workings layout is given.

KEY WORDS: zone of bearing pressure; mining depth; vault of natural equilibrium.

В нормативно-методическом документе «Инструкция по расчёту и применению анкерной крепи на шахтах России», СПб., 2012 г. – 203 с. [1] для расчёта на двухуровневую анкерную крепь использованы решения классической теории свода естественного равновесия [2, 3].

При этом ожидаемое давления пород свода $P_{св}$, кН/м², которому должна противостоять анкерная крепь обоих уровней, определяется по формуле:

$$P_{св} = \frac{2}{3} \cdot \frac{B_p}{B} \cdot h_{св} \cdot \gamma, \text{ кН/м}^2, \quad (1)$$

где B - фактическая ширина выработки в свету, м; B_p - расчётная ширина выработки, м (основание свода давления), которая определяется по формуле:

$$B_p = B + 2 \cdot e_p, \text{ м}, \quad (2)$$

где e_p - величина возможного разрушения каждого бока выработки, считая от контура стенки в свету, которая, когда горное давление на борта выработки превышает прочность угля (пород), может быть опреде-

лена как ширина призмы сползания пород борта, определяется по формуле:

$$e_p = h \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{90 - \varphi}{2}\right), \text{ м}, \quad (3)$$

где h - высота выработки, м; φ - угол внутреннего трения пород (угля) в боках выработки. Для угля φ может быть принят $\varphi=35-38$ град. При отсутствии достоверных данных о величине φ , величина e_p определяются из опыта поддержания аналогичных выработок. При умеренном отжиме угля (пород) на средних глубинах величина e_p принимается 0,6-0,8 м; γ - объемный вес пород кровли, кН/м³; $h_{св}$ - высота свода естественного равновесия, которая определяется по формуле, м:

$$h_{св} = k_{св} \cdot B_p, \quad (4)$$

где $k_{св}$ - коэффициент свода естественного равновесия, определяемый по табл.1.

Таблица 1

Коэффициент свода естественного равновесия $k_{св}$

Прочность пород кровли на сжатия R_c , МПа		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$k_{св}$	Выработка в массиве	0,68	0,64	0,60	0,56	0,52	0,42	0,44	0,4	0,36	0,32
	Выработка в зоне опорного давления	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45	0,40

Умножив удельное давление пород, рассчитанное по формуле (1), на фактическую ширину выработки в свету B и подставив в формулу (4), получим давление пород свода на крепь $P_{св}$, кН/м, приходящееся на 1 м длины выработки:

$$P_{св} = \frac{2}{3} \cdot B_p^2 \cdot k_{св} \cdot \gamma, \text{ кН/м}. \quad (5)$$

Методика расчёта нагрузки по теории свода давления приемлема не только для анкерной крепи, но может быть использована и для расчёта параметров поддерживающей рамной крепи.

Существующие нормативные документы по определению параметров крепи горных выработок исходят из расчёта ожидаемых смещений пород контура выработок:

- для выработок с одноуровневой анкерной крепью – по «Инструкции...» [1] и [4];
- для выработок с податливой рамной крепью –

по «Инструкции...» [5];

- для капитальных выработок с бетонной и железобетонной крепью – по «Указаниям...» [6].

Вышеописанная методика расчёта нагрузок на крепь по своду давления является более простой и менее трудоёмкой, чем по вышеуказанным документам [4 и 5], исходящим из расчёта ожидаемых смещений пород. Однако методика расчёта по своду давления не учитывает одного из важнейших факторов – влияния глубины залегания - и даёт адекватные результаты только на средних глубинах расположения выработок - от 300 до 600 м в зависимости от прочности вмещающих пород.

При малых глубинах эта методика даёт завышенные величины нагрузки на крепь, а при больших глубинах - заниженные величины расчётных нагрузок. Принятые по ним силовые и конструктивные параметры крепи на больших глубинах будут ниже необходимых и не обеспечат устойчивости крепи и безо-

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

пасного поддержания выработок.

Поэтому формулу (5) расчёта ожидаемого давления пород кровли на крепь по своду естественного равновесия следует скорректировать поправочным коэффициентом влияния глубины залегания выработки.

Нами был выполнен расчёт ожидаемых смеще-

ний пород на контуре кровли выработки и нагрузок на крепь в зависимости от глубины залегания, ширины выработок и прочности пород по методике, регламентированной в действующих нормативных документах [5, 6]. Результаты расчёта приведены в табл.2.

Таблица 2

Расчётные показатели смещений кровли U , удельной нагрузки P^H и нагрузки $P_{св}$ на 1 м длины выработки

H, м	U , мм при R_c , МПа						P^H , кН/м ² при R_c , МПа						$P_{св}$, кН/м ² при R_c , МПа					
	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60
100	100	54	25	18	12	5	65	51	50	50	50	50	280	220	220	220	220	220
200	200	114	60	25	18	10	90	68	53	50	50	50	390	225	220	220	220	220
300	335	200	108	42	25	15	128	90	67	50	50	50	465	390	285	220	220	220
400	500	300	173	66	48	20	140	110	84	52	50	50	576	450	362	225	220	220
500	710	440	260	112	72	30	160	134	102	67	56	50	632	550	420	285	242	220
600	970	585	340	155	108	50	179	149	118	78	67	50	706	610	480	335	285	220
700	1270	750	450	210	145	90	205	193	134	93	79	63	810	650	550	400	340	270
800	1600	930	556	286	203	135	230	177	145	107	90	69	910	695	575	440	390	296
900	1850	1130	685	375	260	160	248	193	158	125	102	80	980	760	625	515	420	344
1000	2150	1380	820	480	324	200	260	212	170	137	112	90	1003	830	670	565	460	390

Здесь рассмотрены условия по глубине от 100 до 1000 м и по расчётной прочности кровли от 10 до 60 МПа. Рассматривается выработка шириной в свету 6 м, расположенная в массиве вне зоны влияния опорного давления и закреплённая рамной податливой крепью с минимальным отпором, достаточным для предотвращения обрушения пород кровли.

В табл.3 приведены величины давления пород кровли на 1 м длины выработки $P_{св}$, вычисленные по весу пород свода по формуле (5) при различной прочности пород R_c от 10 до 60 МПа. Величина $P_{св}$ даётся в общем виде с переменным значением B_p , а также с постоянной B_p равной ширине выработки $B=6$ м (при $\nu_p=0$). Величина γ принята 25 кН/м³, а значение $k_{св}$ принимается по табл.1.

Предлагаем уточнить формулу (5) для расчёта ожидаемой нагрузки на крепь по своду давления, приходящейся на 1 м длины выработки, которая приобретает вид:

$$P_{св} = \frac{2}{3} \cdot k_n \cdot B^2 \cdot k_{св} \cdot \gamma, \text{ кН/м}, \quad (6)$$

где B - фактическая, а не расчётная (B_p) ширина выработки в свету, м; k_n - коэффициент влияния глубины залегания на давления пород свода кровли, определяемый по формуле:

$$k_n = \frac{P_{св}}{P_{св.В}}, \quad (7)$$

где $P_{св}$ - давление пород кровли на 1 м длины выработки, определенное на основе расчёта ожидаемых смещений контура кровли по нормативным документам [5 и 6], кН/м. Значения $P_{св}$ приведены в табл.2; $P_{св.В}$ - давление пород кровли на 1 м длины выработки, определенное по теории свода давления [2, 3] по формуле (5), но с подстановкой вместо расчётной ширины основания свода давления (B_p) фактической ширины выработки (B). Значения $P_{св.В}$ приведены в табл.3.

Таблица 3

Величина $P_{св}$ при различной прочности пород

R_c , МПа	$k_{св}$	Промежуточные решения $P_{св}$ по формуле (5), кН/м	$P_{св.В}$, кН/м при $B_p=B=6$ м
10	0,68	$11,3 \cdot B_p^2$	407
20	0,64	$10,7 \cdot B_p^2$	382
30	0,60	$10,0 \cdot B_p^2$	360
40	0,56	$9,2 \cdot B_p^2$	332
50	0,52	$8,7 \cdot B_p^2$	314
60	0,48	$8,1 \cdot B_p^2$	292

Значение коэффициента k_n определяются по формуле (7), величины $P_{св}$ и $P_{св.В}$ принимаются из табл.2 и 3. Величина $P_{св}$ делится на соответствующую по глубине расположения выработки и по прочности пород величину $P_{св.В}$. Численные значения k_n приведены в табл.4, а также представлены на графиках рис.1.

Таким образом, нагрузка на рамную податливую крепь и на двухуровневую анкерную крепь, помимо расчёта по методикам нормативных документов [1-5], может быть рассчитана по формуле (6), учитывающей влияние глубины расположения выработок, в том числе, если мы не располагаем достоверными данными о величине отжима (угля) пород ν_p и не можем знать величину B_p в формуле (5).

В этом случае мы имеем возможность определить расчётную величину B_p путем приравнивания расчёта по формуле (5) (промежуточное решение приведено в табл.3) величинам $P_{св}$, которые приведены в табл.2, и, решая равенство, получим:

$$P_{св.В} = P_{св} = \frac{2}{3} \cdot B_p^2 \cdot k_{св} \cdot \gamma, \text{ кН/м}. \quad (8)$$

Расчётные значения B_p в табл.4 определены из равенства (8) и здесь же приведены величины ν_p , вычисленные из формулы (2).

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Таблица 4

Показатели расчётной ширины основания свода давления B_p , величины отжима угля (пород) b_p и коэффициента влияния глубины залегания k_n

Н, м	B_p при R_c , МПа						b_p при R_c , МПа						k_n при R_c , МПа					
	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60
100	5,0	4,5	4,7	4,9	5,0	5,2	-0,5	-0,7	-0,6	-0,55	-0,5	-0,4	0,69	0,56	0,61	0,67	0,7	0,75
200	5,8	5,4	4,7	4,9	5,0	5,2	-0,1	-0,3	-0,7	-0,55	-0,5	-0,4	0,97	0,74	0,63	0,67	0,7	0,75
300	6,4	6,1	5,3	4,9	5,0	5,2	0,2	0	-0,35	-0,55	-0,5	-0,4	1,14	1	0,79	0,67	0,7	0,75
400	7,1	6,5	6,0	5,0	5,0	5,2	0,55	0,25	0	-0,5	-0,5	-0,4	1,42	1,15	1	0,68	0,7	0,75
500	7,4	7,2	6,4	5,6	5,2	5,2	0,7	0,6	0,25	-0,25	-0,205	-0,4	1,55	1,4	1,17	0,86	0,77	0,75
600	7,9	7,6	6,9	6,0	5,4	5,2	0,95	0,8	0,45	0	-0,3	-0,4	1,73	1,55	1,33	1,02	0,91	0,75
700	8,4	7,8	7,4	6,5	6,0	5,7	1,2	0,9	0,7	0,25	0,25	-0,4	1,98	1,66	1,53	1,2	1,08	0,95
800	8,9	8,1	7,6	6,9	6,4	6,1	1,45	1,05	0,8	0,45	0,45	0,05	2,22	1,77	1,61	1,32	1,24	1,03
900	9,2	8,3	7,9	7,4	6,9	6,5	1,6	1,25	0,95	0,7	0,7	0,25	2,3	1,93	1,86	1,55	1,33	1,18
1000	9,8	8,8	8,2	7,8	7,2	6,9	1,9	1,4	1,1	0,9	0,9	0,45	2,5	2,19	2,13	1,7	1,46	1,33

Таким образом, мы определяем, какие величины b_p должны быть в формулах (2) и (5), а так же можем рассчитать при необходимости минимальную длину боковых анкеров при креплении выработок анкерной крепью. Значения величины b_p указаны так же на оси ординат графиков рис.1. Отрицательные зна-

чения величины b_p означают, что при малых глубинах залегания условное расчётное основание свода давления будет меньше фактической ширины выработки и тогда нагрузка $P_{св.}$ не превысит величины $P_{см.}$, определяемой по более приоритетной методике расчёта, регламентированной в нормативных документах [5, 6].

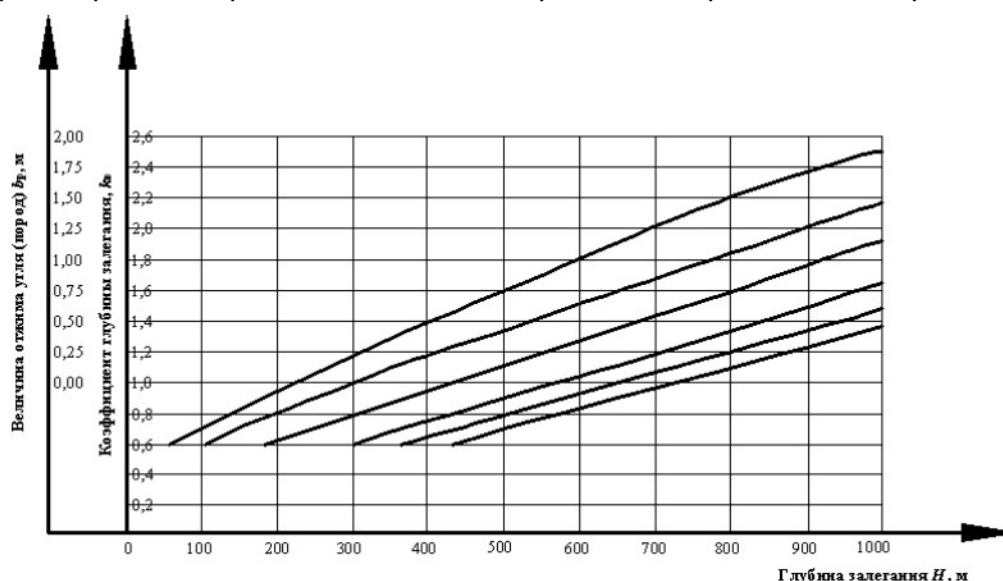


Рис. 1. Значение коэффициента k_n и величины b_p в зависимости от глубины H и прочности пород R_c

Литература

1. Инструкция по расчёту и применению анкерной крепи на шахтах России. 2012 г. – 203 с.
2. Цимбаревич П. М. Рудничное крепление. – М., Углетехиздат, 1951 г. с. 608.
3. Насонов Л. Н. Механика горных пород и крепление горных выработок. – М., Недра, 1969 г. с. 330.
4. Инструкция по расчёту и применению анкерной крепи на угольных шахтах России, С-Петербург 2000 г., с. 70.
5. Инструкция по выбору рамных податливых крепей горных выработок, С-Петербург, Л., ВНИМИ, 1986 г. – 222 с.
6. Указания по рациональному по рациональному расположению, охране и поддержанию горных выработок на угольных шахтах СССР, Л., ВНИМИ, 1986 г. – 222 с.

Марк Абрамович Розенбаум, д-р техн. наук, профессор, горный инженер, зав.лабораторией геомеханики, тел. (812)328-86-54,

E-mail: rozenbaum_ma@spmi.ru;

Юрий Петрович Коренной, канд. техн. наук, горный инженер, вед. науч. сотр. лаборатории геомеханики, тел. (812)328-84-08;

Дмитрий Николаевич Демёхин, горный инженер, науч.сотр. лаборатории геомеханики, тел. (812)328-86-54, E-mail: demehin2009@rambler.ru (Научный центр геомеханики и проблем горного производства НМСУ «Горный», г.Санкт-Петербург);

Александр Борисович Соколов, канд. техн. наук, заместитель Главы Представительства, руководитель угольного департамента, главный горный инженер МАУСИММ, тел. (812)356-89-15, E-mail: asokolov@srk.ru.com

УДК 624.121

Б.Т.Ильясов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ПРОВЕРКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСЧЕТОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНО-ДИСКРЕТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ (МКДЭ)

Приведен пример применения метода конечно-дискретных элементов (МКДЭ) для расчета динамики длительного разрушения участка борта карьера, сложенного трещиноватыми скальными породами. Приведена методика определения параметров модели, которая позволяет учесть размер элементов, физико-механические свойства пород и трещиноватость массива.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: метод конечно-дискретных элементов; длительная прочность; ползучесть горных пород; механизм разрушения; борта карьеров.

B.T.Ilyasov

DETERMINATION AND VERIFICATION OF PHYSICOMECHANICAL PARAMETERS OF MODEL FOR CALCULATIONS OF METHOD OF FINAL AND DISCRETE ELEMENTS (MFDE)

The example of application of the method of final and discrete elements (MFDE) for calculation of dynamics of long destruction of a site of a board of the pit put by jointed rocky breeds is given. The technique of determination of parameters of model which allows to consider the size of elements, physicommechanical properties of breeds and a jointing of the massif is given.

KEY WORDS: method of final and discrete elements; long durability; creep of rocks; destruction mechanism; boards of pits.



Определение параметров геомеханической модели

Расчет деформаций выполнен для сложенного трещиноватыми скальными породами участка борта карьера Юбилейный, расположенного в Хайбуллинском районе Республики Башкортостан, с учетом снижения прочности гор-

ных пород со временем по схеме, представленной в работе [1].

Для нахождения параметров модели (табл.1), с учетом ее дискретизации, использовались известные эмпирические зависимости и результаты моделирования натурных испытаний на сдвиг и разрыв методом конечно-дискретных элементов (МКДЭ).

Дискретизация модели ограничена вычислительными возможностями современных устройств. При моделировании, например, участка борта карьера высотой около 100 м, средний размер стороны элемента должен быть близок к 2 м.

Таблица 1

Физико-механические параметры моделей [2-8]

Общие механические параметры			
Модуль деформации E	60 ГПа	Вязкостное демпфирование k_s	$5 \cdot 10^5$ кг/м/с
Коэффициент Пуассона ν	0,28	Коэффициент шероховатости трещин JRC	3,8
Нормальный параметр штрафа p	600 ГПа	Вариация прочностных свойств V	20%
Объемный вес ρ	2800 кг/м ³		
Прочностные свойства участков между трещинами			
Прочность на разрыв f_{t0}	8 КПа	Сцепление C_0	583 КПа
Остаточный угол трения φ_r	25°	Угол внутреннего трения φ_0	28,1°
Относительные предельные смещения s_p/s_r	$3,9 \cdot 10^{-3} / 1,6 \cdot 10^{-1}$	Относительные предельные смещения σ_p/σ_r	$5 \cdot 10^{-5} / 1 \cdot 10^{-3}$
Прочностные свойства заполнителя трещин			
Прочность на разрыв f_{t0}	0,8 КПа	Сцепление C_0	55 КПа
Остаточный угол трения φ_{r0}	25°	Угол внутреннего трения φ_0	28,8°
Предельные касательные смещения s_p/s_r , (отн.)	$2,6 \cdot 10^{-3} / 1,0 \cdot 10^{-1}$	Предельные нормальные смещения σ_p/σ_r , (отн.)	$5 \cdot 10^{-5} / 1 \cdot 10^{-3}$
Параметры длительного деформирования			
Предел длительной прочности при сдвиге $f_{s\infty}/f_{s0}$	0,59	Константа t_0 при сдвиге / растяжении	1955,0 с / 4,760 с
Предел длительной прочности при растяжении $f_{t\infty}/f_{t0}$	0,36	Параметр b при сдвиге / растяжении	6,344/5,910

Расчеты деформаций борта выполнены для четырех конфигураций участка борта с различными углами наклона откосов и, соответственно, запасами устойчивости. Прочностные характеристики массива для расчетов устойчивости выведены с применением критерия прочности Хоека-Брауна, в котором используется индекс геологической прочности GSI .

Величина GSI в свою очередь определена в зависимости от интенсивности трещиноватости и характеристик стенок трещин по таблице, рекомендуемой к применению Хоеком [10]. Величины JRC и остаточного угла трения φ_{r0} найдены с использованием зависимостей от характеристик стенок трещин, приведенных Бартоном [6].

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

С использованием величин JRC и остаточного угла трения φ_0 выведены сцепление по трещине C_0 и угол внутреннего трения по трещине φ_0 с помощью линейной аппроксимации кривой прочности Бартона [6]. Величины JRC и JCS при этом пересчитывались с учетом размеров трещинных элементов в модели согласно формулам, предложенным Бартоном [6]. На рис.1 представлено сравнительное графическое отображение кривых прочности Бартона и Кулона. Максимальное возможное нормальное напряжение принималось равным $1,5\gamma H$.

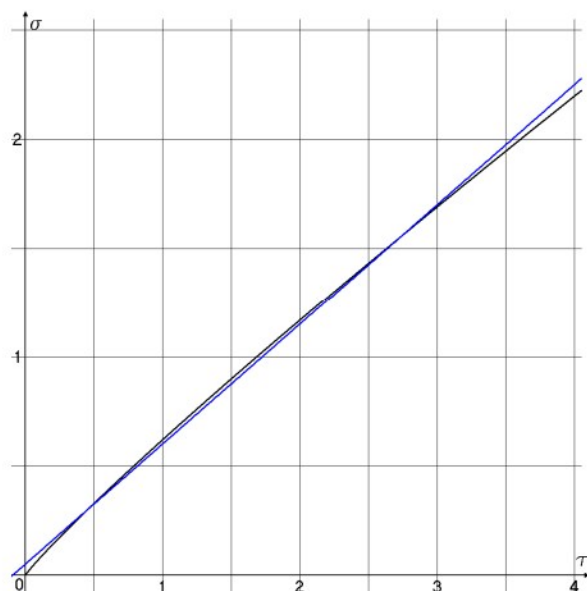


Рис.1. Кривая сдвиговой прочности Бартона и ее линейная аппроксимация

Предельные смещения при разрушении трещины определены по эмпирическим зависимостям Бартона, представленным в статье [6]. Величина смещений, при которой прочность по трещине становится равной остаточной, принята равной $\sigma_r = 40\sigma_p$ (по Бартону $\sigma_r \approx 100\sigma_p$), исходя из эмпирических данных [6] и условий стабильной работы программы.

Прочностные свойства трещинных элементов, расположение которых не совпадает с трещинами, иначе говоря, прочностные свойства участков между трещинами, представленными в модели явно, определялись моделированием натурных испытаний на сдвиг и разрыв участков массива горных пород. На рис.2 приведены схемы смоделированных натурных испытаний. Модель разбита трещинами, расстояние между которыми по нормали 10 см, согласно отчету [2], то есть в моделях участков борта при средней длине стороны элемента около 1,7 м будет явно представлена примерно каждая 35-я трещина. Трещины, расположенные между ними, будут учтены через параметры элементов, расположенных между явно представленными в модели трещинами.

Размеры элементов в испытываемой модели совпадают с размерами образцов, испытанных в ходе лабораторных прочностных испытаний пород [3], поэтому физико-механические параметры приняты согласно данным лабораторных испытаний. В табл.2 представлены принятые параметры, значения которых зависят от размеров элементов, из-за чего они отличаются от данных табл.1.

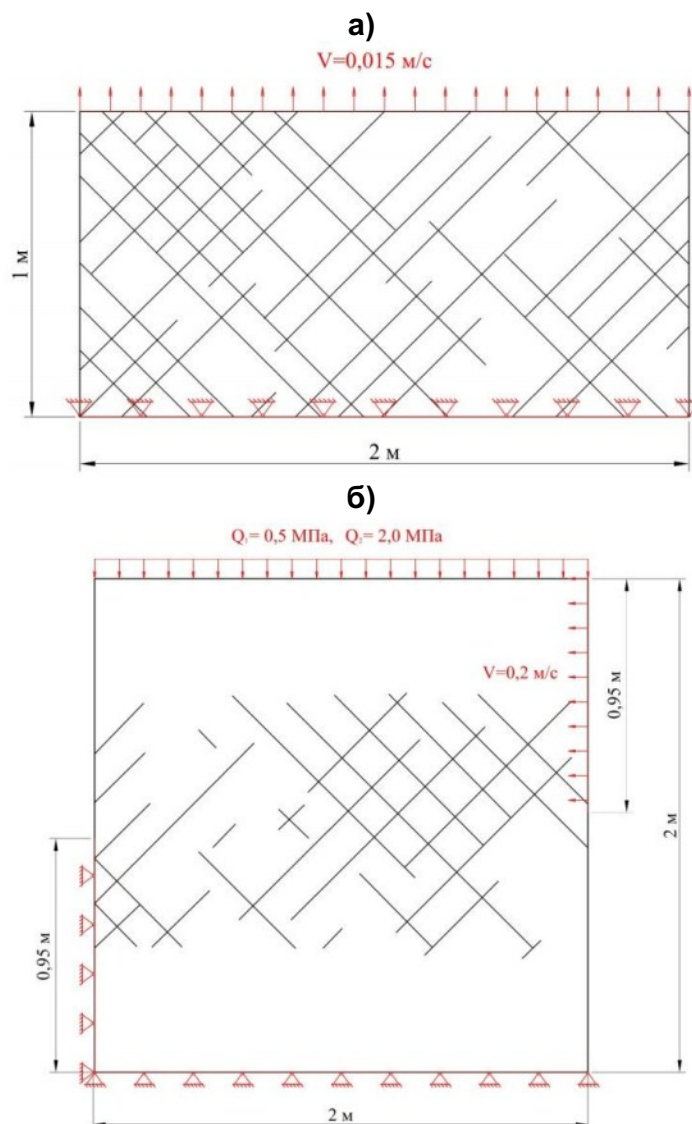


Рис.2. Схемы смоделированных натурных испытаний: а) на разрыв; б) на сдвиг

На рис.3 представлены изображения моделей в момент достижения пикового напряжения связи, соответствующего прочности.

Суммы возникающих сил противодействия, действующих на узлы, перемещающиеся с постоянной скоростью, записаны и усреднены. Пиковое значение суммы сил, разделенное на длину участка массива, является прочностью.

Проверка принятых параметров

Проверка представленных в табл.1 значений физико-механических параметров выполнена моделированием фактической деформации группы откосов общей высотой около 50 м. В результате выполненных расчетов разрушение группы откосов произошло непосредственно после стабилизации модели, то есть модель группы откосов находилась близко к состоянию предельного равновесия. Это показывает корректность воспроизведения конечно-дискретно-элементными моделями деформационных процессов.

На рис.4а представлено изображение деформировавшегося участка, на рис.4б — изображение модели в момент разрушения.

Таблица 2

Физико-механические параметры моделей натурно испытываемых участков массива [2–9]

Общие механические параметры		
Вязкостное демпфирование k_s	$5 \cdot 10^7$ кг/м/с	
Коэффициент шероховатости трещин JRC	6	
Прочностные свойства	Ненарушенной породы	Заполнителя трещин
Прочность на разрыв f_{t0}	6 МПа	10 КПа
Остаточный угол трения φ_r	36°	25°
Сцепление C_0	8,9 МПа	75 КПа
Угол внутреннего трения φ	36°	30°
Предельные касательные смещения s_p/s_r (отн.)	$1,6 \cdot 10^{-2} / 6,5 \cdot 10^{-1}$	$1,1 \cdot 10^{-2} / 4,3 \cdot 10^{-1}$
Предельные нормальные смещения o_p/o_r (отн.)	$2 \cdot 10^{-4} / 4 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4} / 4 \cdot 10^{-3}$

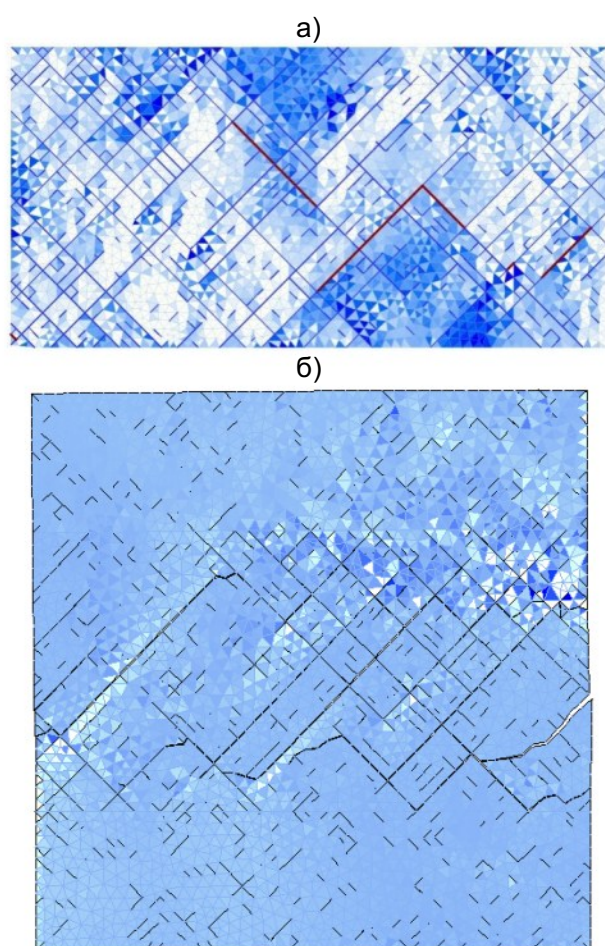


Рис.3. Изображения моделей в момент достижения пикового напряжения при испытаниях:
а) на разрыв; б) на сдвиг при $\sigma_n = 0,5$ МПа

Результаты расчетов

Расчеты динамики деформирования выполнены для четырех конфигураций участка борта высотой 90 м с коэффициентами запаса устойчивости от 1,0 до 1,3. Размеры моделей около 250-130 м². Среднее количество элементов в моделях составило около 51000, из них 20000 конечных и 31000 трещинных, средняя длина стороны треугольного элемента 1,7 м. Количество шагов времени при выполнении вычислений изменялось от 840000 до 4400000, время, потраченное на выполнение вычислений – от 6 до 27 часов.

На рис.5 представлены изображения моделей участков борта с коэффициентами запаса устойчивости от 1,0 до 1,3 в момент окончания мгновенного упруго-пластического деформирования и в момент срыва тела обрушения. Модель с коэффициентом запаса устойчивости 1,0 разрушилась кратковременно (мгновенно), поэтому первое изображение представляет

состояние модели в момент начала крупных пластических деформаций.

Выделение цветом конечных элементов на рис.5 выполнено в цветовой модели RGB в соответствии со следующей зависимостью от максимального касательного напряжения:

$$R = 145 + 110 \frac{\tau_{\max}}{1,5C}; \quad G = 189 + 66 \frac{\tau_{\max}}{1,5C}; \quad B = 248;$$

где C – среднее сцепление в трещинных элементах модели, а $\tau_{\max}$ – максимальное касательное напряжение в данном элементе, найденное по формуле:

$$\tau_{\max} = 0,5 \sqrt{(\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + 4\tau_{xy}^2}$$

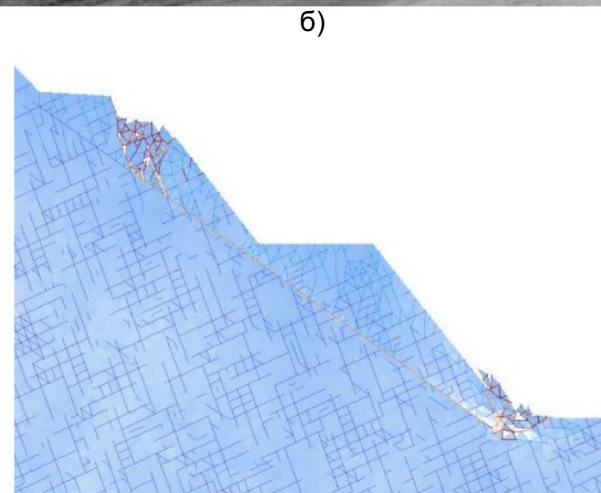
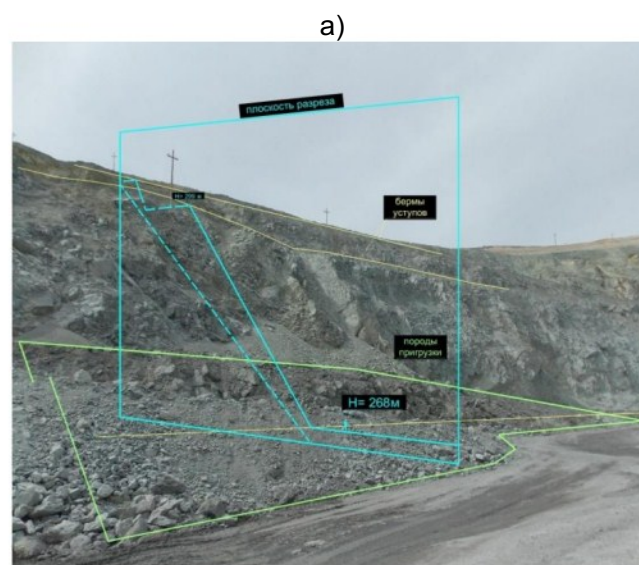


Рис.4. Моделирование фактической деформации:
а) фотография деформирующегося участка;
б) изображение разрушающейся модели

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

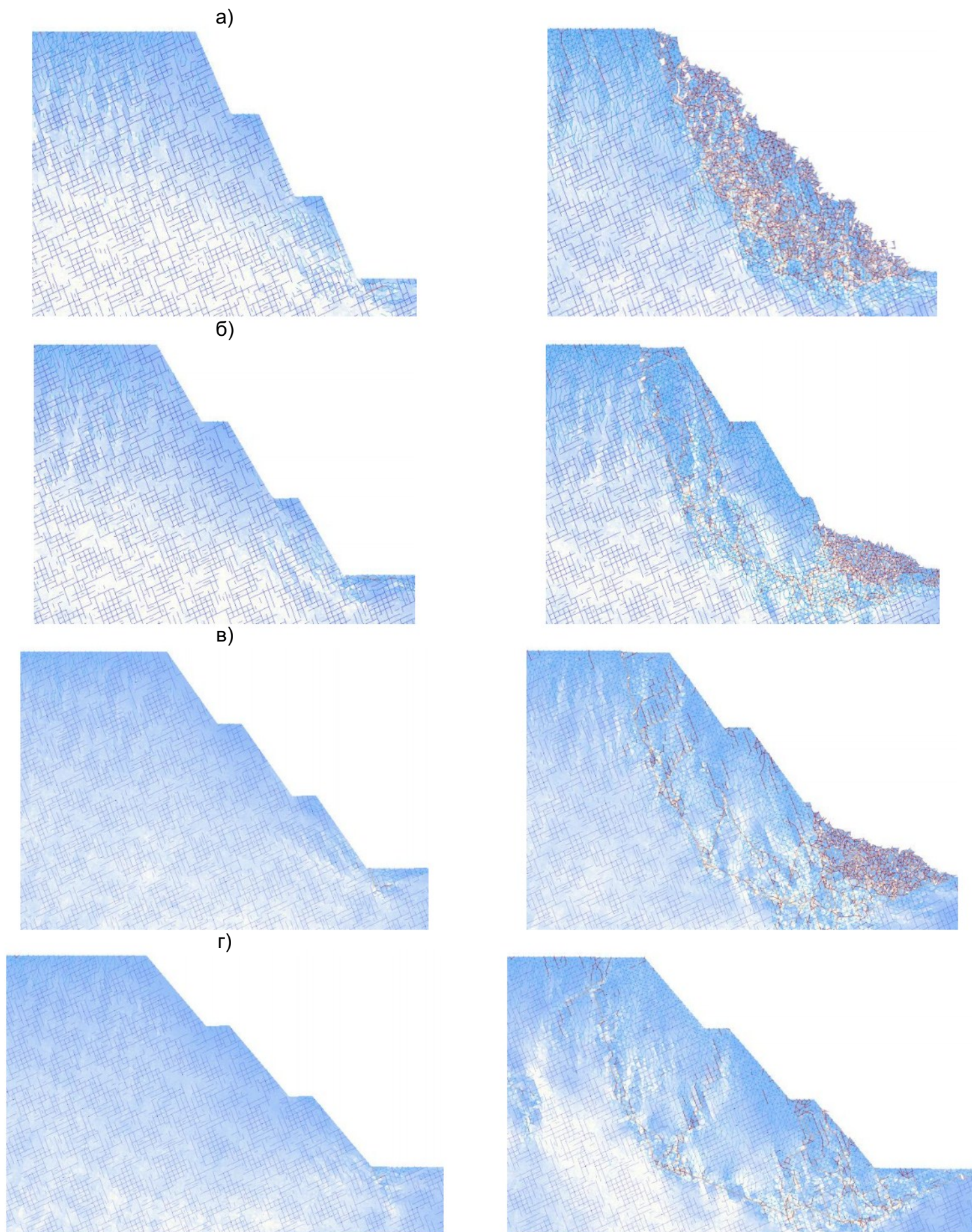


Рис.5. Изображения моделей участков борта с коэффициентами запаса устойчивости: а) 1,0; б) 1,1; в) 1,2; г) 1,3

По результатам выполненных расчетов изучен механизм формирования поверхности (области) разрушений при длительном разрушении участка борта [1].

Несмотря на условность времени в полученных данных, попробуем оценить длительность разрушений, принимая во внимание существующие опытные

данные [10], что длительность разрушения участка борта с коэффициентом запаса устойчивости 1,1 составит 5 лет. На рис.6 представлен график изменения длительности разрушения с увеличением запаса устойчивости.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

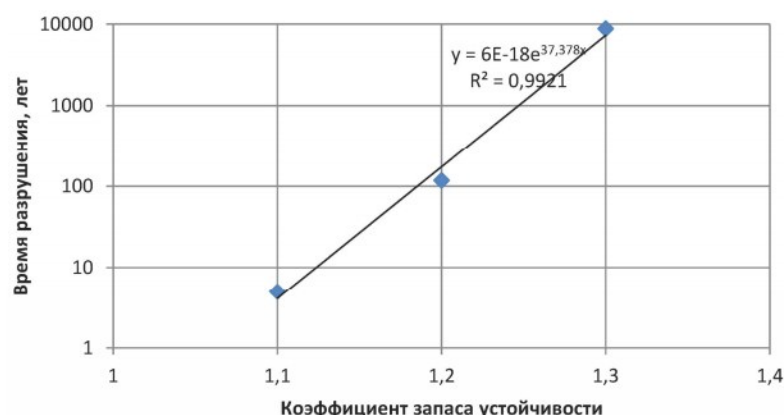


Рис. 6. Изменение длительности разрушения участка борта с изменением коэффициента запаса устойчивости

Заключение

Приведено описание методики определения физико-механических параметров МКДЭ-модели при расчетах крупномасштабных геомеханических процессов, позволяющей учесть размер элементов, физико-механические свойства пород и трещиноватость массива.

Выполнена проверка принятых параметров моделированием фактической деформации уступов и сравнением результатов расчетов для участка борта карьера Юбилейный с данными оценки устойчивости методом предельного равновесия. Получены результаты: модель участка борта карьера с коэффициентом запаса устойчивости 1,0 разрушилась кратковременно, при больших запасах устойчивости разрушение произошло после снижения прочности.

Выполнен анализ динамики деформационных процессов, изучен механизм развития поверхности (области) разрушений при длительном разрушении участка борта. Показано, что первоначально образование и рост зоны пластических деформаций происходит в нижней части участка борта, в третьей стадии ползучести накопление локальных разрушений происходит в верхней и нижней частях формирующейся поверхности разрушения. После формирования верхней и нижней частей поверхности разрушения происходит образование средней ее части и срыв тела обрушения. Описанные закономерности процессов разрушения справедливы только для принятых условий, при других горно-геологических условиях могут

наблюдаться другие закономерности.

Понимание динамики и механизма разрушения уступов и бортов карьеров может быть полезно, например, при прогнозировании деформаций по данным маркшейдерских наблюдений и при проектировании противодеформационных мероприятий.

Литература

1. Ильясов Б.Т. Моделирование длительного разрушения массивов горных пород методом конечно-дискретных элементов // *Маркшейдерский вестник*. – 2016. – № 1. – сс.48-51.
2. Воробьев В.В. Отчет о детальной разведке Юбилейного медноколчеданного месторождения на Южном Урале в 1969-73 гг. Том I. – Бурибай: Переволочанская ГРЭ, 1973.
3. Гуман О.М. и др. Юбилейное месторождение медно-цинково-колчеданных и бурожелезняковых золотосодержащих руд в республике Башкортостан. Подземный рудник. Шахтные стволы «Северный вентиляционный», «Южный вентиляционный», «Главный (скиповой)», «Вспомогательный (клетевой)». Стадия Рабочий проект. Отчет по инженерно-геологическим изысканиям и исследованиям. – Екатеринбург: ООО «НПЦ Уралгеопроект», 2008.
4. Mahabadi O.K. Investigating the influence of micro-scale heterogeneity and microstructure on the failure and mechanical behaviour of geomaterials. PhD Thesis. – Toronto: UofT, 2012. – 252 p.
5. Munjiza A. The combined finite-discrete element method. – Chichester: John Wiley & Sons Ltd. – 2004. – 350 p.
6. Barton N. Review of predictive capabilities of JRC-JCS model in engineering practice / Barton N., Bandis S. // *Rock Joints*. – 1990. – P. 603-610.
7. Schmidtke R.H. The long-term strength of Lac du Bonnet granite / Schmidtke R.H., Lajtai E.Z. // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Science*. – 1985. – №22. – P. 461-465
8. Nyungu D. Time-dependent tensile strengths of Bushveld Complex rocks and implications for rock failure around mining excavations / Nyungu D., Stacey T.R. // *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*. – 2014. – № 114. – P. 765-772.
9. Bažant Z. P. Identification of nonlinear fracture properties from size effect tests and structural analysis based on geometry-dependent R-curves / Bažant Z. P., Gettu R., Kazemi M.T. // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanical Abstracts*. – 1991. – №1. – P. 43-51.
10. Временные методические указания по управлению устойчивостью бортов карьеров цветной металлургии / Ред. Зобнин В.И. – М.: Минцветмет, Екатеринбург: Унипромедь, 1989. – 128 с.

Булат Тагирович Ильясов, аспирант кафедры маркшейдерского дела, Уральский государственный горный университет, г.Екатеринбург, ООО «Теретау», тел. +7-343-2577445, E-mail: info@teretau.com

УДК 622.235

Г.П.Парамонов, В.В.Должигов

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ ГОРНОЙ МАССЫ К ВЫЕМКЕ НА ОСНОВЕ УЧЕТА ПРОСТРАНСТВЕННОГО ВРЕМЕННОГО ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЯ НАПРЯЖЕНИЙ

Приводятся результаты теоретического исследования формирования волнового поля напряжения при взрыве системы скважинных зарядов. Предлагается модель и методика расчета волнового поля напряжений. Установлено влияние интервала замедления между рядами скважин и направлением инициирования на параметры волн напряжений.

Приведены результаты опытно-промышленных испытаний предлагаемой схемой инициирования для условий карьера «Прудянский».

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: буровзрывные работы; дробление; волновой фактор взрыва; схема инициирования; поле напряжений; направление действия взрыва; интервал замедления.

G.P.Paramonov, V.V.Dolzhikov

IMPROVEMENT OF QUALITY OF PREPARATION OF MOUNTAIN WEIGHT FOR DREDGING ON THE BASIS OF THE ACCOUNTING OF SPATIAL TEMPORARY FORMATION OF THE STRESS FIELD

The results of a theoretical research of the wave form of the stress field in the explosion of blasthole charges are presented. The model and method of calculation of the stress field of the wave. The effect of the delay interval between the rows of holes and the direction of the initiation of the parameters of stress waves.

The results of the pilot tests of the proposed scheme for the initiation of conditions career "Prudyansky".

KEY WORDS: drilling and blasting; crushing; wave factor explosion initiation scheme; the stress field; the direction of action of the explosion; the interval delay.



Г.П.Парамонов В.В.Должигов

Современные технологии производства буровзрывных работ на карьерах предусматривает отбойку горных пород преимущественно сква-

жинными зарядами. В настоящее время для взрывания скважинных зарядов широко применяется короткозамедленный способ взрывания (КЗВ). КЗВ является наиболее эффективным и прогрессивным методом производства буровзрывных работ. Существует ряд гипотез, объясняющих его природу. Однако, несмотря на широкое применение КЗВ, до сих пор нет единой точки зрения на физическую сущность процесса, происходящего при КЗВ [4]. В настоящее время, как правило, используются эмпирические формулы расчета, которые затем уточняются экспериментальным путем. Таким образом, исследование влияния интервалов замедления на параметры волн напряжения является актуальной задачей в научном и практическом плане.

Для расчета параметров волнового поля напряжений воспользуемся физической моделью, которая была разработана авторами работ [1,2]. Расчеты проводились для условий месторождения «Пруды-Моховое-Яскинское». Порода характеризуется следующими физико-механическими свойствами: плотность ($\rho=2,74 \text{ кг/м}^3$), скорость распространения продольных ($C_p=5 \text{ км/с}$) и поперечных волн ($C_s=3,5 \text{ км/с}$).

Скважинный заряд разбивается на ряд сосредоточенных элементарных зарядов, как показано на

рис.1, инициируемых последовательно через промежутки времени Δt . Величина Δt является временем распространения детонационной волны от центра сдетонировавшего элементарного заряда до центра следующего. Будем полагать элементарные заряды равными между собой, хотя возможно и другое разбиение.

Форма сосредоточенного элементарного заряда полагается сферической, так как в настоящее время, как в теоретическом, так и в экспериментальном плане, поле напряжений, вызванное взрывом сферических зарядов, наиболее изучено. Масса сферического элементарного заряда полагается равной массе соответствующего цилиндрического заряда. Волна напряжений, создаваемая каждым сосредоточенным элементарным зарядом, принималась условно в виде короткой волны, включающей в себя фазу сжатия и фазу разрежения, затухающей и изменяющейся по форме при увеличении расстояния от центра взрыва.

Поле напряжений в некоторой интересующей нас точке A ($R, 0, Z$) определяется суммированием волн напряжений, создаваемых каждым сосредоточенным элементарным зарядом, с учетом времени прихода этих волн t_{pi} , углов θ_i , образованных радиусами r_i с нормалью к площадке в точке наблюдения A (рис.1), и формы суммируемых волн.

Согласно рекомендации авторов статьи [4] высота элементарного заряда равна диаметру заряда в скважине. Более мелкое разбиение скважинного заряда на элементарные заряды не имеет для нас существенного значения, т.к. нас прежде всего интересует не форма фронта волны, а поле главных напряжений.

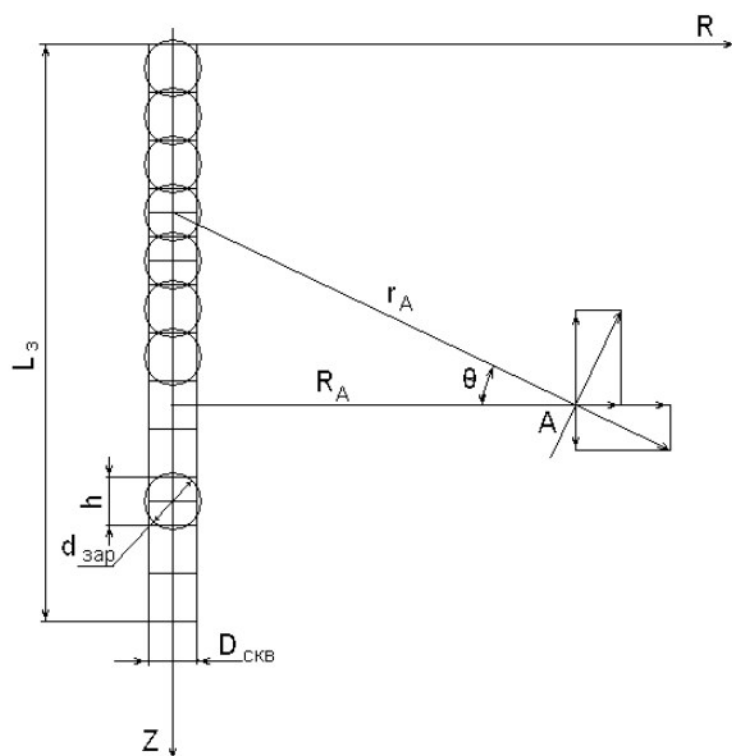


Рис.1. Схема расчета поля напряжений взрывом скважинного заряда

В таком случае выражения для расчета составляющих суммарной волны напряжений в точке наблюдения имеют вид:

$$\begin{cases} \sigma_x(r,t) = \sum_{i=1}^n [\sigma_{xi}(r_i, z, t) \cos^2 \theta_i + \sigma_{zi}(r_i, z, t) \sin^2 \theta_i] \\ \sigma_y(r,t) = \sum_{i=1}^n \sigma_{yi}(r_i, z, t) \\ \sigma_z(r,t) = \sum_{i=1}^n [\sigma_{xi}(r_i, z, t) \sin^2 \theta_i + \sigma_{zi}(r_i, z, t) \cos^2 \theta_i] \\ \sigma_x(r,t) = \sum_{j=1}^n [\sigma_{xj}(r_j, y, t) \cos^2 \alpha_j + \sigma_{yj}(r_j, y, t) \sin^2 \alpha_j] \\ \sigma_y(r,t) = \sum_{j=1}^n [\sigma_{xj}(r_i, y, t) \sin^2 \alpha_j + \sigma_{yj}(r_j, y, t) \cos^2 \alpha_j] \\ \sigma_z(r,t) = \sum_{j=1}^n \sigma_{zj}(r_i, z, t) \end{cases}$$

На рис.2 представлена модель, принятая для расчета поля напряжения от взрыва системы скважинных зарядов с учетом интервала замедления и направления инициирования.

Для численного расчета главных напряжений была разработана программа на языке программирования Pascal, учитывающая расположение точек инициирования, последовательность инициирования, интервал замедления между зарядами, неограниченное число скважин, различные ВВ, конструкции, в разных точках плоскости. Для визуализации результатов расчета поля напряжений была использована программа MathCad.

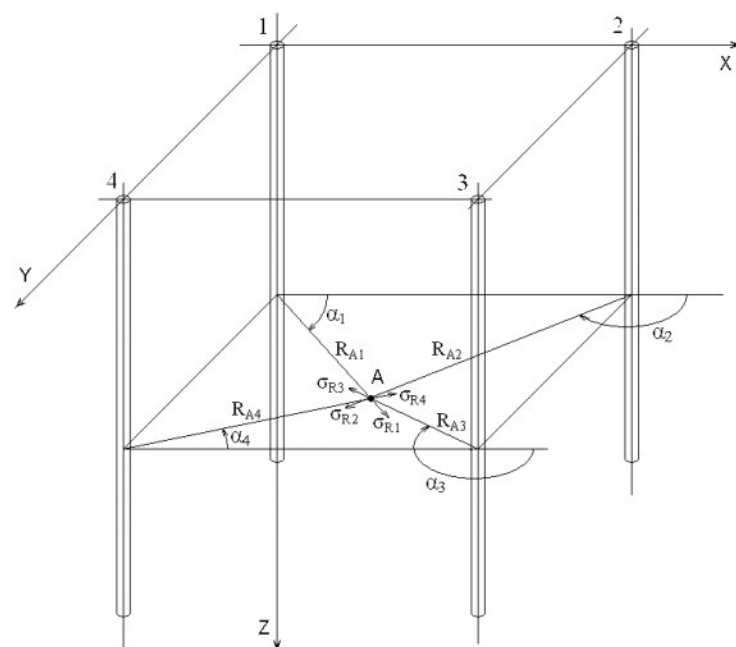


Рис.2. Модель расчета поля напряжений от взрыва системы скважинных зарядов с учетом интервала замедления и заданного направления инициирования

Разработанная программа позволяет варьировать следующие параметры БВР: глубину скважины, диаметр скважины, длину забойки, точки инициирования, временные задержки, точки наблюдения, тип ВВ.

На рис.3 и 4 представлены в графическом виде численные расчеты волнового поля напряжений при взрыве скважинных зарядов.

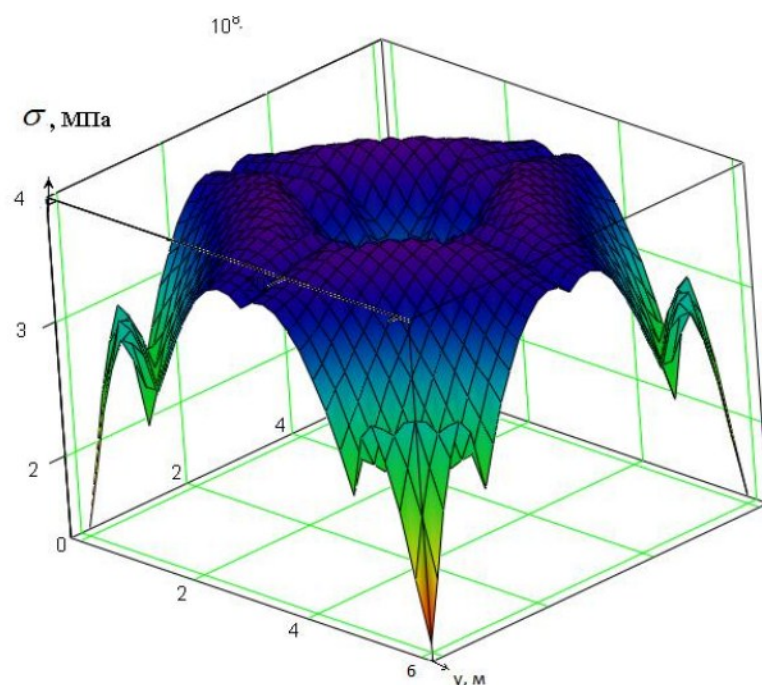


Рис.3. Волновое поле напряжений при взрыве скважинных зарядов без замедления (одновременно)

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

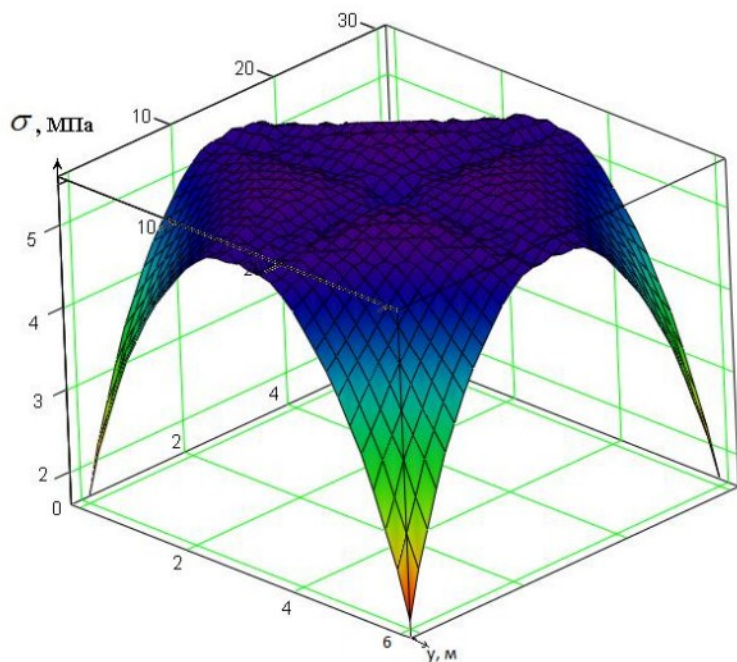


Рис.4. Волновое поле напряжений при взрыве скважинных зарядов при $t = 2$ мс

Таким образом, полученные теоретические результаты расчета волнового поля напряжений при взрыве системы скважинных зарядов показывают, что управления параметрами волны напряжений можно достичь за счет изменения интервалов замедления между зарядами в ряду и между рядами. Направле-

ние волнового фактора действия взрыва определяется схемой инициирования, что позволяет обосновать ее выбор для конкретных условий взрываемого блока. При производстве буровзрывных работ используются следующие схемы инициирования: порядная, врубовая, трапецевидная, диагональная, диагонально-врубовая и т.д. Приведенные теоретические исследования были апробированы при производстве массовых взрывов на карьере строительных материалов «Прудянский». Результаты опытных взрывов показывают, что для условий взрывания карьера «Прудянский» наиболее оптимальной является диагональная схема с интервалом замедления 25 мс, которая обеспечивает качественное дробление горной массы.

Литература

1. Боровиков В.А., Ванягин И.Ф. К расчету параметров волны напряжения при взрыве удлиненного заряда в горных породах. Взрывное дело, Сб. 76/33, М., Недра, 1976.
2. Боровиков В.А., Ванягин И.Ф., Менжулин М.Г., Цирель С.В. Волны напряжений в обводненном трещиноватом массиве/ Учебное пособие/Ленинград, 1989.
3. Викторов С.Д. Анализ методов управления процессом разрушения горных пород // Горный журнал. №7, 1995.
4. Мосинец В.Н. Дробящее и сейсмическое действие взрыва в горных породах. М., Недра, 1976.

Геннадий Петрович Парамонов, профессор, д-р техн. наук, тел. +7 (921) 911-68-95, E-mail: paramonov@spmi.ru;
Вадим Владимирович Должиков, аспирант, тел.+7(911) 773-68-53, E-mail: gukoff21@gmail.com
(Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург)



ГОРНАЯ ГЕОМЕХАНИКА
НАУЧНО-ВНЕДРЕНЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

НВК «ГОРГЕОМЕХ»

НАУЧНО-ВНЕДРЕНЧЕСКАЯ КОМПАНИЯ

www.gorgeomeh.ru

- ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ
- ГЕОТЕХНИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ
- МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ
- МАРКШЕЙДЕРСКИЙ АУДИТ
- ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ
- ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ СЪЁМКА
- ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ



117545, г. Москва, Варшавское ш., д. 129, к. 2

Тел. 8 (495) 315-17-38, 8 (499) 398-02-45

УДК 378:075.5

В.Ж.Аренс

О ГОРНОЙ НАУКЕ, ЕЁ СТРУКТУРЕ И КЛАССИФИКАЦИИ

Рассмотрены предмет и содержание горной науки, её цель и структура, научные направления и изучаемые объекты. Предложена новая классификация горной науки.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: горная наука; понятия; предмет; структура и классификация.

V.Zh.Arens

ABOUT MINING SCIENCES, ITS STRUCTURE AND CLASSIFICATION

The subject and content of mining science, its purpose and structure, research directions and the objects under study. A new classification of mining sciences.

KEY WORDS: mining sciences; concepts; object; structure and classification.



Для поддержания своего существования человечество использует в своей деятельности природные ресурсы (ПР). **Неисчерпаемые ПР** связаны с деятельностью солнца: тепло, свет, энергия ветра и движущийся воды. Сюда же следует отнести энергию недр земли. **Возобновляемые ПР** - это деятельность растительного и животного мира. И, к сожалению, надемся пока, **исчерпаемые и невозобновляемые ПР** - это полезные ископаемые - предмет деятельности горного дела. С каждым годом доступных для разработки месторождений становится всё меньше, их освоение требует огромных затрат, новых физико-химических технологий, а значит - нестандартных научных идей и их воплощения в жизнь.

Сегодня для нашей страны горное дело даёт более 60% федерального бюджета, а около 90% экспорта страны - это минеральное сырьё. Чтобы обеспечивать в будущем страну минеральными ресурсами, необходимо развивать горную науку, которая соединяет в себе системы знаний о природе, обществе и человеке. В широком плане *горная наука - наука об освоении недр Земли. Её предмет - изучение процессов разведки, разработки и переработки минерального сырья, их совершенствования, правил проведения и организации работ с недрами.* Знания о горной науке являются основой подготовки специалистов для горного дела. Занятие наукой - это творческая деятельность в распространении знаний, их добытия и осмысления, это вскрытие связей между природой и воздействием на неё, это удовлетворение практических потребностей общества.

Горное дело (ГД) - сфера человеческой деятельности, связанная с освоением и использованием недр Земли. Оно включает в себя отрасли горного производства: нефтегазовое, угольное, торфяное, горнорудное, нерудных материалов, а также буровое, взрывное и маркшейдерское дело. Недра - источник **минерально-сырьевых ресурсов (МСР)**, которые добытые в виде твёрдых, жидких и газообразных полезных ископаемых являются основой многих отраслей **промышленных производств (ПП)**. Работа топливно-энергетического комплекса (**ТЭК**) и минерально-сырьевого комплекса (**МСК**) представляют собой совокупность отраслей промышленности по разведке, разработке и переработке добытого **минерального**

сырья (МС). Совокупность полезных ископаемых, выявленных в недрах страны, трактуется как её **минерально-сырьевая база (МСБ)**. Сегодня от состояния МСР, ПП, ТЭК, МСК и МСБ зависит решение глобальных проблем жизни страны, а эффективно решать их призвана **горная наука (ГН)**.

ГН как наука об освоении недр земли сегодня превратилась в большую и разветвленную совокупность дисциплин, занятых различными аспектами ГД. Образование смежных наук неизбежно при исследованиях, связанных с различными объектами ГД. Для ГН характерно обогащение её другими науками и возникновение новых дисциплин, как перенос программ одной науки на другие объекты изучения. Существуют, так называемые, общие науки, например, физика, география, геология. Думаю к ним можно отнести и ГН. Известно, что её дифференциация и интеграция с другими науками породила целый ряд научных направлений, связанных с решением инженерных и методических проблем ГД. Первые разрабатывают предписания для практической деятельности, вторые обслуживают саму науку, давая методическую основу для определения и расчёта различных показателей. Кроме этого, внутри ГН существуют комплексные науки, в названии которых говорится только об объекте изучения. Например, в знании о строительстве горных сооружений выделяются направления: проходка стволов, горизонтальных и наклонных выработок, их крепление и т.д. Эти дисциплины возникли как совокупность знаний о том или ином объекте исследований. ГН нацелена на добывание знаний с целью определения, как надо поступить, чтобы достичь оптимальных результатов в различных условиях горного производства.

Какое будущее у ГН, что она должна сделать для ГД и людей, им занятых? Как будем разведывать, добывать и перерабатывать МС, каково содержание исследований? Необходимо систематизировать наши знания о ГД и ГН и показать перспективу их развития. Сегодняшняя неопределённость говорит о неясности нашего понимания пути в будущем.

ЧАСТЬ 1. ГОРНАЯ НАУКА, ЕЁ ПОНЯТИЯ, ПРЕДМЕТ И СТРУКТУРА

Полезные ископаемые добывались с самых древних времён. Знания о ГД суммировались ещё в Древней Греции. В средние века Г.Агрикола описал процессы ГД, а М.В.Ломоносов дал, по сути, современное определение ГН «как науки, которая учит

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

минералы знать, приискывать и приводить в такое состояние, чтобы они в обществе человеческом были угодны...». В середине XIX века А.И.Узатис в своём учебном курсе «Горное искусство» определил, что «горное искусство, научая нас отыскивать и добывать полезные ископаемые, сливается с геогнозией (геологией - авт.) и механикой и представляет длинный ряд факторов, которые должны слиться в одно целое, что и составит самобытную отрасль знаний». Проф. Б.И.Бокий назвал горное искусство предметом, имеющим целью дать общие правила для отыскания, разведывания и добывания полезных ископаемых. Использование термина **«горное искусство»** было оправдано, так как ГД в основном было эмпирическим, и под горным искусством понималась система приемов и методов практической деятельности. ГД и сегодня во многом горное искусство! Поэтому современная деятельность горного инженера требует обязательно широких знаний и творческого подхода, поскольку предмет его деятельности постоянно изменяется во времени и пространстве.

Современная ГН – наука об освоении недр Земли - это знания о технологиях и процессах разведки, разработки и переработки добытого МС и путях их совершенствования. ГН, судя по всему, складывалась постепенно, шаг за шагом, обнаруживая всё новые и новые грани, выявляя свой громадный потенциал. В процессе развития ГН происходят её изменения, вызываемые уровнем практической деятельности людей. Наша задача - увидеть назревающие перемены и понять их сущность. Месторождения, горные работы и качество добываемого сырья изменяются, а постоянное усложнение природных условий залегания месторождений, их поиск и освоение порождают широкий круг проблем в ГН, что привело к её дифференциации и делению на специфические разделы, связанные с добычей твёрдых, жидких и газообразных полезных ископаемых. Такое деление ГН ущербно для их развития, обедняет их, задерживает их взаимообогащение.

ГН - это постоянно развивающаяся система знаний, которые необходимо приложить в практику. «Наука складывается из фактов, как дом из кирпичей, но простое накопление фактов не составляет науку, так же как куча камней не составляет дома», - сказал А.Пуанкаре. Факты образуют закономерности - устойчивые связи, которые позволяют истолковывать и предсказывать факты. ГН органично вплетена в опыт человечества. Наука - не только сумма знаний, но и процесс их получения. Философия способствует организации ГН, помогает правильно планировать исследовательские работы и дает возможность осознать их методическое единство. Специалист, владеющий ГН, способен разобраться в деталях технологий, задаваться вопросами «почему» и «зачем» и находить на них ответы.

Профессия горного инженера сейчас расчленена на многие специальности. Сегодня горный инженер - это геолог, нефтяник, рударь, угольщик, откры-

чик, подземщик, горный физик, обогатитель, горный электромеханик, технолог, маркшейдер, горный строитель. Причём обычно каждый «узкий» специалист пользуется своей терминологией. Узковедомственный характер разделов ГН затрудняет их взаимодействие, а Д.Прайс такую специализацию назвал «самоудушением» науки. Настоящее положение в ГН напоминает легенду о вавилонском столпотворении, когда люди хотели увидеть Бога и начали строить Вавилонскую башню, но Бог, чтобы помешать осуществлению их замысла, дал им различные языки, а, перестав понимать друг друга, люди прекратили строительство.

Следует согласиться с данным Л.А.Пучковым определением современного термина ГД как инженерной деятельности человека в земной коре. В его определении ГН - совокупность знаний для интеллектуального обеспечения горного дела. Общность отдельных сторон изучаемых ГН объектов притягивает к ним различные науки, при этом происходит процесс взаимопроникновения и обогащения ГН. Более того, привычные горные дисциплины выходят за пределы сложившихся понятий, образуя новый комплекс знаний. Поэтому **необходимо уделить должное внимание понятийно-терминологическим вопросам**, стремясь к общему толкованию терминов. В этом плане полезна инициатива журнала «Рациональное освоение недр» публиковать глоссарий ГД.

Понятие **«термины горной науки»** - не только среда общения, но и среда мыслей. Вообще, термин определяет отношение к предмету, может его облагородить, возвеличить или принизить. Термины укореняются в обменных процессах, в «кровеносных сосудах» науки. Каждое понятие - термин наполняется в известном отношении связью со всей системой и составляет понятийный аппарат ГН.

Под понятием **«технология»** понимается выражение научных знаний и практического опыта, представленных в виде формализованных описаний, чертежей, схем, инструкций, ноу-хау и т.д., позволяющих рационально организовать производственный, информационный процесс для экономии труда, материальных ресурсов и социального времени. **Горная технология** – сочетание методов разведки месторождений полезных ископаемых, их разработки, извлечения, переработки добытого сырья, в совокупности с оборудованием и прибор - аппаратным оформлением, применяемым в процессе производства для получения готовой продукции.

Раздел ГН, изучающий закономерности функционирования и развития науки, структуры и динамики научной деятельности, является *научно-исследовательской дисциплиной*. Именно она – фундамент, раскрывающий научно-методологическую основу исследований – систему принципов и способов организации и построения практической и теоретической деятельности, систему социально апробированных правил и нормативов познания и действия. Историография ГН, кроме изучения её истории, прослеживает путь познания прошлого, движущие силы процесса науки,

появление научных школ и работ их представителей. Анализ работ предшественников необходим, поскольку дает их оценку и позволяет досконально разобраться в предмете своего исследования.

Современное междисциплинарное движение – процесс проникновения элементов одних областей знаний в другие, образует новую нишу исследований, способную решать возникающие проблемы. Познание есть поиск определенностей в море неопределенностей. ГН оперирует большим количеством специфических **понятий**.

Так **Минерально-сырьевая доктрина** России – это система официально принятых в стране концептуальных взглядов и положений для обеспечения её минерально-сырьевой безопасности.

Концепция – система взглядов, определяющая цель и задачи ГД и ГН. Это концепции экологической безопасности, предотвращения кризисов, обеспеченности МС, комплектования МСК.

Принципы ГН – это основные положения, предпосылки, первооснова, правила и рекомендации для практической деятельности. Общеизвестны принципы безопасности, технологичности, экологичности и экономичности при разработке месторождений полезных ископаемых. Необходимо соблюдение принципов социальной справедливости, общечеловеческих ценностей, охраны недр, главенства национальных интересов. Необходимо отметить, что многие принципы не являются вечными и нерушимыми и уточняются вместе с ходом развития технического прогресса в ГД.

Обобщение с максимальным объемом однородных понятий называется **категорией**. Например, понятие «система разработки» обобщает многообразие систем разработки самых разных месторождений. Тоже можно сказать о понятиях бурение, вскрытие, технология разработки. Таким образом, **категории ГН** представляют собой фундаментальные понятия, отражающие наиболее общие, существенные предметы и процессы, свойства и отношения в горном деле.

Закон – это положение, выражающее устойчивое отношение между явлениями. **Эмпирические законы** – это закономерности, полученные опытным путем и имеющие значение в определенных условиях. В ГН трудно учесть все факторы, определяющие какое-либо событие или состояние, поэтому в теории ГН в основном лежат закономерности, установленные опытом.

Метод – путь исследования, совокупность приемов и операций в практической (эксперимент) и теоретической деятельности в познании нового. Метод в науке – это инструмент познания, цемент науки. Именно он превращает факты в науку. Содержание всех наук различно, но метод получения фактов практически един. И, тем не менее, разработка методологии ГН – дело сложное, ибо она требует для решения своих задач конкретных методик, совокупность которых дает методологию науки. **Методология ГН** как таковая является совокупностью правил действия исследователя для выявления определенных закономерностей, с помощью которых даются конкретные

рекомендации и прогнозируется поведение в реальных обстоятельствах.

Знания, используемые в ГД, включают в себя:

- **понятия, отражающие закономерности, ведущие к созданию технологических способов и технических средств** (открытые, подземные горные работы, бурение, ступенчатое растворение, подэтажное обрушение и др.);

- **методические понятия о способах, приемах и средствах исследования** (моделирование горного давления, технико-экономическая модель шахты и т.д.);

- **понятия о технических и социально-экономических оценках различных показателей** (разубоживание, диспергирование, размываемость, безопасность, кондиции и т.д.);

- **понятия свойств и характеристик объекта разработки** (крепость, буримость, ползучесть и т.д.).

Для того, чтобы характеризовать любую науку, нужно определить ее цель, задачи и содержание, т.е. назвать предмет науки.

Цель ГН не только в объяснении условий, средств и способов разведки, добычи и переработки полезных ископаемых, строительства подземных сооружений, а главным образом в поиске правильных путей их изменения и усовершенствования для облегчения условий труда и повышения экономичности, экологичности, комфортности и безопасности производства.

ГН сегодня – это многогранный, сложный, развивающийся комплекс научных дисциплин. Все процессы и явления, происходящие при освоении недр, согласно диалектике, содержат внутренние и внешние противоречия, открытие, исследование и разрешение которых является главной задачей ГН.

ГН возникла и развивается под влиянием общественной практики. Для правильной оценки движущих сил развития ГН необходимо рассмотрение их во взаимодействии с практикой. Тесная интеграция ГН с производством направляет науку на решение ключевых народнохозяйственных задач, на исследования, способные внести подлинно революционные изменения в производство.

Основные задачи ГН связаны с познанием фактов действительности ГД, пониманием основных проблем ГН, оценкой возможных вариантов использования находок фундаментальных наук в практике ГД, выработкой рекомендацией для определения оптимальных технологических решений, обеспечивающих эффективность, экономичность и безопасность труда горняков. Одной из важнейших задач ГН являются исследования состояния и перспектив развития производства, изыскание новых экономичных и экологически чистых способов разведки, добычи и переработки полезных ископаемых, освобождающие человека от тяжелого труда. **Практические задачи** исследований в ГД – улучшение результатов работы предприятий (повышение производительности труда, снижение себестоимости, улучшение условий и безопасности труда и т.д.), поиск новых технологий, позволяющих находить нестандартные решения в ГД.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ



Рис.1. ГН - структурные элементы

Предмет ГН - это то, что она изучает. Его определение связано с наличием конкретных природных объектов. Предмет ГН - различные аспекты горного производства, процессы, явления, формы их проявления в природе, их связи и закономерности. Это изучение физико-геологических условий месторождений, возможных технологий их разработки и организации производства. Эти знания открывают путь от фундаментальных наук к практике и являются связующим звеном с общественными науками. Из вышесказанного ясно, что **главным объектом ГН** являются все проблемы, связанные с освоением месторождений полезных ископаемых, т.е. вскрытие связей человек — природа в рамках ГД.

Функции ГН - определение целей, задач и путей развития ГП, а это функции:

1. **Методологическая** – способствует раскрытию закономерностей приёмов, технологий, создаёт базу для выработки теоретических положений ГН.
2. **Познавательная** – вскрывает тенденции развития и оценивает ситуацию будущего.
3. **Аналитическая** - анализ, оценка, результативность деятельности НИИ, ВУЗов, ПП.
4. **Прогностическая** - развитие технологий МСК, вероятность негативных событий и их своевременная корректировка.
5. **Воспитательная** - создаёт базу подготовки квалифицированных кадров для МСК, формирует культуру исследований и производства.
6. **Регулирующая** – через рынок воздействие людей и технологий на жизнь страны и общества.
7. **Нормотворческая и мировоззренческая** –

помогает оценить и контролировать государственные и частные интересы в освоении недр.

Современная ГН чрезвычайно актуальна, она:

1. Раскрывает возможности развития промышленного потенциала страны, а её связь с ТЭКом и МСК определяет проблемы развития страны, что позволяет принимать решения, дающие в том числе политические результаты.

2. Указывает направление развития ГД, является основой разработки новых процессов и технологий разведки, разработки, строительства и переработки МС.

3. Способствует решению вопросов охраны природы.

4. Решает проблемы ресурсообеспеченности промышленности.

5. Анализирует экономику производства, которая, с одной стороны, связана с характеристикой сырья и географией его размещения, с другой стороны, — с применяемой технологией, которая определяет производственные показатели.

6. Обеспечивает экологичность производства (т.е. наименьшую нагрузку на окружающую среду) и создаёт максимально комфортное производство, решая социальные проблемы трудящихся.

7. Осуществляет постоянный поиск по повышению эффективности работы ПП и формирует технологическую культуру горного производства.

8. Повышает точность прогнозов будущего ГД.

9. Является базой подготовки специалистов для работы на горных ПП.

10. Формирует правила использования недр.

В настоящее время в ГН наблюдается резкий рост междисциплинарных исследований, то есть происходит её перестройка в целом. Новую исследовательскую парадигму можно назвать деятельной, поскольку она предполагает группировку знаний по проблемам, а не по объектам исследования, которые требуют дисциплинарных знаний. Существо новой парадигмы - в решении задач общественной практики на основе взаимодействия различных знаний. Таким образом, в будущем проблемная организация ГН должна дать основные результаты исследований и опытных разработок. Пример использования этой концепции - работы по физико-химической геотехнологии.

В поисках нового необходимо оторваться от решения узких, частных задач, привлечь в качестве основы фундаментальные науки (кажущиеся такими далекими от ГД) и на их основе вести поиск, нацеленный на решение конкретных задач будущего горного производства.

Все вышесказанное показывает, что проблемы новых методов разведки, добычи и переработки являются фундаментальными для ГД. От того, насколько успешно сообщество горняков-исследователей будет работать в ближайшем будущем (подразумевается широта фронта поиска в плане числа работающих людей, средств и общественного внимания), зависит

осуществление научно-технического прогресса в ГД. К сожалению, сегодня главный объект исследования в ГД и полученные результаты, чересчур близкие к сегодняшнему дню, не решают острых проблем складного характера будущего. По-настоящему крупные результаты исследований проявятся в будущем, став базой для технического прогресса, образования, культуры.

В основе решения крупных задач, стоящих перед ГН, - качественное изучение объектов исследования. Очень часто в практике используются статистическое накопление фактов и их субъективная оценка, которая базируется на методе аналогий. Это можно объяснить тем, что объекты ГН представляют собой частные (конкретные) условия, для которых трудно установить законы, общие «для всех мест и времен».

В прошлом ГН - описательная дисциплина, сегодня её перестройка ведётся на базе математизации, но для решения большинства крупных горных проблем сегодня недостаточно математических средств, поскольку задачей, например, разработки месторождений является создание самоорганизующихся многофакторных систем, а в дальнейшем - и самопрограммирующихся автоматов, примером которой явится (оговорённая выше) теория разработки месторождений полезных ископаемых.

В настоящее время количественно точно решать задачи, возникающие при разработке полезных ископаемых, можно только применительно к определенным, идеальным месторождениям. Поэтому, чтобы придать практическое значение таким «количественным» решениям, лежащим в основе анализа, допущения должны согласовываться с естественными условиями.

Имеется принципиальная возможность точного физического или химического описания любого технологического процесса, но для достижения этого должны проводиться исследования на атомном или молекулярном уровне. Именно тогда появится возможность объективной оценки взаимозависимости различных условий, средств, способов и характера их суммарного воздействия на предмет исследования.

Для того, чтобы управлять разработкой месторождения полезного ископаемого, необходимо: построить модели физико-геологической обстановки месторождения и технологии его разработки; в процессе разработки постоянно получать информацию о реальном положении на конкретный момент времени. При необходимости постоянно корректировать работу предприятия, контролировать выполнение плана работ и текущие результаты на всех участках предприятия. Все это складывается в необходимость **создания теории разработки** месторождений, т.е. в решения кибернетических задач зависимости параметров месторождения, технологии и результатов их взаимного влияния. Теория разработки - это наука о прогнозировании и оптимизации реальных процессов в реальных условиях при граничных условиях, которые являются

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

критериями рациональности.

Сегодня ГН изучает явления гигантского диапазона. Ее интересы спустились до уровня молекулы и

атома и поднялись до исследования процессов принятия управленческих решений и их этических ценностей.

Сфера воздействия	Содержание
Технологическая	→ Исследует процессы, явления, операции ГП. Даёт основные идеи и технологии разработки
Техническая	→ Является основой проникновения достижений фундаментальных наук в ГП.
Социальная	→ Служит основой подготовки горных инженеров.
Экономическая	→ Является основой горного законодательства.
Экологическая	→ Является субъектом воздействия через НИИ, ВУЗы на работу ГП, МСК, ТЭК.
Правовая	→ Обеспечивает использование эффективных технологий для конкретных месторождений.
Духовная	→ Формулирует нормы, принципы работы ГП

Рис.2. Содержание и сфера воздействия горных наук

Чтобы представить строение ГН, надо выявить её структурные единицы и вскрыть связи между ними. На рис.1 наглядно представлены структурные элементы ГН, а на рис.2 показаны элементы содержания ГН и сфера её воздействия.

Не боясь некоторых повторов, подвергнем содержание ГН рассмотрению с разных сторон, таких как учение, научная дисциплина, сумма знаний.

Основа ГН - это **науки геотехнологического плана**, связанные с технологиями разведки, разработки месторождений полезных ископаемых, строительства подземных сооружений и переработки добытого сырья.

ГН находится на стыке наук. Её членение - по предметам исследований. Это, прежде всего:

- **науки геологического цикла**, которые являются базовыми для решения всех вопросов горного производства - от разведки месторождений до переработки горной массы (это геология, геофизика, геохимия, учение о полезных ископаемых, гидрогеология, минералогия, петрография, гидрогеология, технологическая минералогия и др.);

- **естественные науки** - физика, химия, биология, которые в приложении к объектам исследования ГН являются основой ряда дисциплин (физики горных пород, физики взрыва, геофизики, механики горных пород, геохимии, химии горных пород, рудничной микробиологии и др.);

- **прикладные технические науки** - электротехника, автоматика, теория машин и механизмов, аэро- и гидродинамика и другие, которые в приложении к ГД создали горную электротехнику, горные машины, автоматизацию горных предприятий, гидромеханизацию горных работ, горную аэрологию, подземную гидродинамику и др.;

- **науки о мышлении и общественные науки**, лежат в основе постановки исследований (логика, теория познания, философия, психология, право, история, социология, маркетинг, реклама, охрана труда,

экономика. На базе последней созданы дисциплины горного профиля - геоэкономика, организация, планирование горного производства и управление им, горное право).

Жизнь науки - непрерывная, прогрессирующая, многообразная и взаимодействующая со средой, самореализация потенциальных возможностей различных исследований. Лишая изучаемые объекты неповторимости, т.е. объединяя их в системы, группы и изображая в схемах, мы идеализируем их (без этого наука невозможна). Но любая идеализация - это проблема уже не горная, а философская. Поэтому появилась потребность в том, чтобы философ овладел конкретным содержанием ГН, а горняк научился мыслить широко и нетривиально.

В современном понимании термин ГН обозначает изучение, научную разработку, систему знаний об освоении недр, в том числе средствах, способах и условиях разведки, добычи и переработки полезных ископаемых, о создании подземного пространства недр для хозяйственных нужд, размещения и организации производства, способную обеспечить безопасную, комфортную и экономичную работу людей.

Объясняя происхождение и развитие процессов, происходящих в природе, раскрывая существенные связи явлений и процессов, сопровождающих технологию разведки, добычи и переработки полезных ископаемых, ГН вооружает человека знанием объективных законов реального мира для их практического применения.

В ГН следует особо выделить естественные, технические и социальные знания:

- **социальные** знания определяют общественные требования к техническим решениям горного производства (они включают законы об охране окружающей среды, охране недр, правила разведки и разработки и т.д.), а также методы исследований;

- **естественно-научные** знания характеризуют

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

свойства и закономерности материальных образований (они изучаются естественными науками, например, физикой, химией, геологией и др.), что является основой и предпосылкой технических знаний;

- **технические** знания используют и дополняют естественно-научные знания применительно к конкретным задачам ГД; в них содержатся понятия и законы горного производства, а также сведения о способах, методах, приемах использования естественных знаний в ГД.

ГН не может обойтись без **философии**, с помощью которой дается определение самого предмета науки, ее места среди других наук, места и роли в обществе.

ГН объединяет **дисциплины, которые отражают различные стороны производства** и являются базовыми формами профессиональной организации науки. Понятие «научная дисциплина» является структурной единицей в учебном процессе. Термин дисциплина - это обязательная совокупность знаний, подлежащих изучению для профессиональной деятельности. Это фиксированный объем знаний по конкретному объекту, это набор результатов аналитиче-

ских и эмпирических исследований в виде теорий, гипотез о природе исследуемых реальностей.

Отведение ниш для каждой дисциплины - очень сложная задача, уж очень крепко они связаны многими междисциплинарными взаимодействиями.

На рис.3 показаны примеры ГН как учебных дисциплин, дающих знания, и как объектов исследований.

Перечисление всех горных дисциплин выполнено В.В. Ржевским, однако, для будущей их классификации и формирования новых, полезно выявить для каждой из них центральную организующую идею и главную концептуальную единицу. Пример этого анализа для некоторых из них приведен в табл.1.

Для развития ГН необходимо раскрыть соотношение различных дисциплин горного профиля, их взаимосвязь и влияние друг на друга и связь с другими техническими, естественными и общественными науками. Многообразие проблем привело к обособлению и дифференциации ряда разделов ГН, что затрудняет взаимопроникновение и наносит ущерб их синтезу.

ГН ИССЛЕДУЕТ	УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА
Исследование закономерностей технологий разведки, добычи, переработки МС Разработка новых технологий, закономерности развития ГН	Технологии разработки месторождений. Технологии разведки месторождений. Технологии переработка добытого сырья. Процессы производства. Строительство подземных сооружений.

Рис.3. ГН как объект исследований и предмет учебных дисциплин

Таблица 1

Характеристика некоторых горных дисциплин

Горная дисциплина	Центральная организующая идея	Главная концептуальная единица
История горного дела	Время	Событие
Разведка полезных ископаемых	Установление месторождение полезного ископаемого	Запасы
Технологическая минералогия	Состав пород и минералов	Содержание химических элементов
Технологические дисциплины по разведке добыче и переработке	Приемы, методы, способы	Себестоимость, производительность труда, экономичность, безопасность, экологичность
Горная экология	Охрана среды, культура производства	Наносимый ущерб, отклонение от нормативов
Экономика горного производства	Потребность рынка	Прибыль

*Виктор Жанович Аренс, вице-президент РАЕН, проф.
д-р техн. наук, E-mail: moraen@mail.ru*

УДК 378:075.5

А.И.Маркеев

ПРАВОВАЯ ПОДГОТОВКА ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ В ВУЗЕ

Произведен анализ методологического и дидактического обеспечения предмета «Горное право» в правовой подготовке маркшейдеров кафедрой «Правовых и социальных наук» в Сибирском государственном университете геосистем и технологий. Предложены пути совершенствования освоения правовых дисциплин кафедры с учетом текущего состояния отрасли недропользования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: горное образование; маркшейдер; правовая подготовка; горное право; учебный процесс; методология.

А.И.Маркеев

LEGAL TRAINING OF MINING ENGINEERS IN THE COURSE OF TRAINING IN HIGHER EDUCATION

The analysis of methodological and didactic providing the subject "Mountain Right" in legal training of surveyors by department of "Legal and social sciences" at the Siberian state university of geosystems and technologies is made. Ways of improvement of development of legal disciplines of department taking into account current state of branch of subsurface use are offered.

KEY WORDS: mountain education; surveyor; legal preparation; mountain right; educational process; methodology.



Последнее время становится очевидным, что пожелания о развитии России в инновационном темпе так и останутся благими пожеланиями. Нет заинтересованности в инновационном предпринимательстве у бизнеса, нет особого рвения в этом направлении и у государства. Меняется

терминология: «Научно-технический прогресс», «Интеллектуальная собственность», «Технико-внедренческая зона», теперь – «Территория опережающего развития», но суть остаётся прежней. Становым хребтом российской экономики остаётся минерально-сырьевой комплекс. Именно он принёс в казну в позапрошлом году 50,2% нефтегазовых доходов (6534 из 13000 млрд.руб.) [1]. Налог на прибыль организаций составил 2,7% налоговых поступлений, государственный долг был равен 7548,3 млрд.руб. или более половины годовых бюджетных поступлений страны.

В 2013 г. Минэкономразвития опубликовало прогноз развития России до 2030 г. Что же пообещали нам его авторы через пару десятков лет? Через 17 лет Россия станет ведущей мировой державой, а качество жизни россиян превысит средний уровень жизни американцев и европейцев. Средняя зарплата, в частности, вырастет в два, пенсии – в три раза. Такие сногшибательные результаты, по мнению чиновников экономического ведомства, будут достигнуты за счёт притока инвестиций и существенного сокращения госсектора. Большинство госкорпораций будет ликвидировано в результате реализации программы приватизации. К 2015 г. производительность труда вырастет в 1,5 раза, появится 25 миллионов рабочих мест, темпы роста ВВП превысят 5% [2].

2016 год ожидается ещё более напряжённым в финансовом плане, в результате тактических промахов руководства страны. В этих экономических условиях подготовка грамотных горных инженеров, способных мыслить глобально, руководствоваться не только интересами менеджмента добывающего предприятия, но и интересами страны, интересами будущих поколений, особенно актуальна.

В данный момент кафедрой «Правовых и социальных наук» ещё раз уточнены параметры правовой

подготовки маркшейдеров в Сибирском государственном университете геосистем и технологий. Дело в том, что Закон РФ «О недрах» [3] менялся в 2012 и 2013 гг. по три раза, а в 2014 г. в него вносились изменения 4 раза. Все эти изменения в Закон влекут вал изменений в подзаконные акты, не учитывать которые нельзя, если мы хотим готовить грамотных в правовом плане специалистов. Правовая подготовка маркшейдера не замыкается на знании Закона РФ «О недрах», даже в последней редакции. На кафедре были обсуждены в расширенном составе (с участием представителей иных кафедр) новеллы Земельного кодекса РФ, претерпевшего кардинальные изменения в 2014 г., а также иных нормативных актов. Маркшейдер, как никакое иное лицо, подвержен угрозе привлечения к административной и уголовной ответственности в связи с особым характером производства. В этих отраслях законодательства за изменениями не успевают следить даже специалисты.

В обсуждении методологии правовой подготовки маркшейдеров принимают участие все преподаватели правового цикла кафедры, внося свой вклад в качестве специалистов в определённой отрасли права: Овсянников В.А. – земельное, уголовное, административное право; Сибирякова В.Е. – правоведение, экологическое право; Маркеев А.И. – гражданское, предпринимательское право; Макаренко Н.Н. – психология. Причём изучение поведенческой психологии задаёт тон дальнейшей актуализации изучения действующего законодательства и практики его применения. Было выяснено, что в случае нарушения своих прав или прав своих сверстников лишь 24,5% студентов планировали обратиться в правоохранительные органы. Остальные заявили, что сами разберутся в сложившейся ситуации, а 14% вообще не стали бы ничего предпринимать в таком случае. Настораживает и тот факт, что большинство студентов в качестве источника правовых знаний называют не официальные правовые документы, а средства массовой информации, родителей и сверстников (в совокупности около 52%). Приведенные данные позволяют сделать вывод о недостаточном уровне правовой культуры студентов, об отсутствии целостной системы правового образования, правовом нигилизме этих лиц. В этом случае существенное внимание уделяется профессио-

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

нальной правовой культуре, которая различается в зависимости от областей правовой деятельности. Применительно к нашей кафедре выделяется: правовая культура нормотворчества; культура правоприменительной деятельности; правовая культура личности.

В процессе освоения правовых дисциплин кафедры (в ходе бесед со студентами) выявляются причины, побуждающие человека соблюдать действующее законодательство. Основных причин три: страх наказания, конформизм (подражание другим), принципиальное одобрение российского законодательства. Если в той или иной учебной группе нет хотя бы половины лиц, одобряющих российское законодательство, - это сигнал к необходимости включения дополнительных мер правового воспитания.

Особую сложность представляет собой правовое воспитание лиц, нравственно склонных к совершению противоправных поступков. Данные лица могут в дальнейшем попытаться использовать знание законодательства во вред обществу. Перед преподавателем встает задача внедрить в сознание такого студента новые убеждения и взгляды в сочетании с его отказом от уже сложившихся позиций и установок, искажающих его правовую культуру.

Дидактическое обеспечение предмета «Горное право» представлено тремя учебниками, вышедшими в Российской Федерации в разное время и потому содержащими информацию, соответствующую тому периоду развития законодательства, когда издавался учебник [4]. Первый учебник написал экономист, второй – коллектив авторов, третий – горный инженер. Это великие люди, увлечённые любимым делом, но акцентировавшие своё внимание на несколько второстепенных вопросах правоведения в ущерб именно правовым проблемам. Так, авторы всех учебников пытаются обосновать позицию о том, что горное право является самостоятельной отраслью российского права. Но об этом никто не спорит в юридической науке: хотите считать самостоятельной отраслью, пожалуйста. Но по тем критериям, которые были выработаны советской юридической наукой в результате дискуссии в 40-е годы прошлого века о предмете и методе как основаниях для признания определённой совокупности правовых норм самостоятельной отраслью права, - горное право не подходит под звание самостоятельной отрасли права. Авторы рассматривают в учебниках вопросы налогообложения (финансовое право), ответственности (административное, уголовное право), заключения и исполнения договоров, собственности, страхования (гражданское право), управления недропользованием (административное право), международных отношений (международное право) и так далее. Единственная глава, выпадающая из спора, - история развития законодательства о недрах.

Такие сложные отношения, как возникающие в отрасли недропользования, регулируются не отраслью права, а отраслью законодательства. Именно поэтому окончились неудачей несколько попыток создания Кодекса недропользования. С 2002 г. велась работа по реформированию законодательства, регулирующего сферу природопользования. К концу лета

2002 г. Министерство природных ресурсов завершило и внесло в Правительство проект Кодекса Российской Федерации о недрах, который представлял собой лишь один элемент из огромного числа предложений, подготовленных МПР: всего в течение 3 лет МПР планировало предложить к принятию 300 новых нормативных актов, в том числе 142 закона. Затем появился Кодекс о недрах, инициированный депутатами и членами Совета Федерации А.Скочем, Н.Азаровым, В.Климовым, А.Аристовым и другими, а затем и законопроект «О внесении изменений и дополнений в закон «О недрах» (депутатов А. Баранникова, Г.Бооса, В.Володина, С.Гвоздевой и др.). Все эти документы закрепляли действующий административный порядок пользования недрами и были направлены на совершенствование лицензионной системы. Хотя совершенствование это было довольно механистическим: принципиальные вопросы привлечения инвестиций не решены (основные черты лицензионных соглашений, налогообложение, стабильность, переуступка прав и т.п.), но многие разработки, уточняющие многие процедурные вопросы, были систематизированы. При этом остался без ответа вопрос о необходимости предложенной кодификации. Многие специалисты считают, что необходимо совершенствовать сам закон «О недрах» [5].

Кодекс создаётся для лучшего (экономного) регулирования однородных отношений, например: гражданских, бюджетных, налоговых, земельных, водных и так далее. Горные отношения (отношения недропользования) однородными не являются, поэтому для регулирования этих отношений создаётся система нормативных актов (законодательство), приводящих отношения в систему, упорядочивающие их.

Подлинная дискуссия в сфере науки возникла по поводу лицензирования недропользования. «Следует признать, что в настоящее время лицензионная система стала тормозом развития горнодобывающего производства, притока инвестиций в отрасли недропользования. Она тормозит процессы перехода к новым организационно-правовым формам, переток капитала в наиболее перспективные горные предприятия и объединения и не позволяет государству оперативно воздействовать на развитие этой отрасли экономики, воздействуя административными методами» [6].

«В целях совершенствования системы лицензирования недропользования предлагается:

1. Разработать и утвердить стандарты государственных услуг в сфере лицензирования недропользования.

2. Разработать и утвердить методику расчета стартового разового платежа за пользование недрами.

3. Законодательно предусмотреть меру ответственности за «спекулятивный срыв» аукционов на получение прав пользования недрами.

4. Внести изменения в действующее законодательство в части разделения сумм разовых платежей за пользование недрами между федеральным и республиканским бюджетами.

5. Переход от формального контроля к реальному» [7].

«Система лицензирования за время своего су-

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

ществования (около 15 лет) показала себя как неэффективный способ пользования недрами. Во-первых, в лицензии не прописываются условия деятельности недропользования, что часто приводит к нарушениям со стороны компаний. Во-вторых, из-за того, что не существует прав, обязанностей и ответственности сторон и государство может лишиться компанию права пользования недрами в одностороннем порядке, это привело к отсутствию массовых прямых инвестиций за годы действия лицензионной системы» [8].

Ещё одна правовая проблема связана с неэффективностью системы проведения торгов на право пользования недрами. «Наметившаяся особенно отчетливо с 2005 г. тенденция лавинообразного нарастания количества несостоявшихся аукционов и конкурсов на право пользования недрами, достигшего в I-м полугодии 2010 г. 80%, иллюстрирует не столько «нерезультативные» затраты времени, труда и денежных средств на организацию самой процедуры аукционов и конкурсов, сколько прежде всего - количество не введенных в пользование участков недр» [9].

В Сибирском федеральном округе с августа по конец декабря 2014 года проведен 1 конкурс и 19 аукционов на различные виды пользования недрами. Двенадцать торгов признаны состоявшимися, а восемь нет [10]. Таким образом, состоялось лишь 60% торгов, а это очень низкий показатель. С 01.01.2014 г. вступил в силу (изменён уже 8 раз) новый закон о госзакупках [11]. Практику применения и особенности действия данного закона следует рассмотреть хотя бы схематично с горными инженерами обязательно.

В рыночных условиях нельзя сбрасывать со счетов и конкурирующие организации в сфере образования. Если на 2005 год подготовкой маркшейдеров в России занимались 28 вузов [12], то теперь эта цифра сократилась до 20 вузов [13]. По мнению большинства историков, формальной датой рождения первого университета является 1158 год – год, когда была дарована Хартия Болонскому университету. В отличие от ремесленных школ, имевших узкую профессиональную направленность, университеты изначально строились на самой широкой общекультурной подготовке студентов. Нам приходится учитывать эту истину и стараться давать инженеру университетские знания в области юриспруденции, учитывая положительный опыт земле- и недропользования в бывших союзных республиках [14], субъектах федерации [15], а также опыт подготовки горных инженеров [16].

В библиотеке университета открыта подписка на периодические издания, способствующие пониманию правовых проблем, возникающих в отрасли недропользования. При проведении самостоятельной работы каждый студент исследует на наличие статей правовой направленности такие отраслевые периодические издания, как «Маркшейдерия и недропользование», «Маркшейдерский вестник», «Горный журнал», «Известия вузов. Горный журнал», «Геодезия и картография», «Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка», «Горный информационно-аналитический бюллетень», «Горное дело. Реферативный журнал», «Геодезия и аэрофотосъёмка: Реферативный журнал». На семинарских занятиях в группе студент оз-

вучивает проведённое по журнальной статье исследование с целью вовлечение остальных участников практических занятий в обсуждение поднятых автором статьи правовых проблем. Более успешным в освоении юридической науки студентам предлагается подготовка докладов с использованием правовых периодических изданий, содержащих профессиональный взгляд на правовые проблемы отрасли. Это такие периодические издания как: «Государство и право», «Правоведение», «Российская юстиция», «Законодательство», «Правовые вопросы недвижимости», «Современное право» и так далее.

Горное право отнесено к общепрофессиональным дисциплинам, изучаемым в рамках подготовки инженеров-маркшейдеров. Учебным планом СГУГиТ предусмотрено на изучение дисциплины «Горное право» 108 часов: 36 часов лекций, 18 часов практик и 54 часа – самостоятельная работа. Представляется, что такое количество времени можно считать условно достаточным для изучения столь сложной дисциплины для тех лиц, которые имеют юридическое образование, но специализировались в другой области. Даже на повышение квалификации отводится 72 часа учебного времени. Для студента неюридического направления этого времени явно недостаточно. В Московском государственном горном университете пошли на расширение правовой составляющей за счёт включения в цикл дисциплин по выбору такой дисциплины как «Юридические основы менеджмента и маркетинга» [17]. Вопросы власти и подчинения или управленческие (менеджмент по новому) и сбыта (теперь маркетинг) будут возникать перед горным инженером сразу же после трудоустройства в добывающую организацию. Это вопросы правовые, а не инженерные, поэтому выпускающей кафедре инженерной геодезии и маркшейдерского дела СГУГиТ следует обратить на это внимание. В курсе Горного права не предусмотрено изучение трудовых отношений, в курсе Правоведения этой тематике посвящается одна лекция. Этого, конечно, недостаточно для понимания вопросов дисциплины труда, условий труда, порядка заключения трудового договора и так далее. В настоящее время дисциплины по выбору в СГУГиТ в основном технической направленности [18].

Вспомним рекламу Евросети конца прошлого года: в офис приходит одетый в телогрейку, ватные штаны, кирзовые сапоги мужчина и просит продать телефон попроще. Менеджер не растерялся и предложил недорогой «умный» телефон, который имеет голосовой набор и отвечает приятным голосом на вопрос мужчины: «Кто такой маркшейдер?», показывая виды Уральских гор. В данном случае реклама построена на противопоставлении: простенький мужичок-маркшейдер может свободно приобрести прекрасный телефон. А вот как формирует образ маркшейдера один из российских сайтов:

Профессия маркшейдер

Описание профессии:

Это специалист по строительству подземных сооружений.

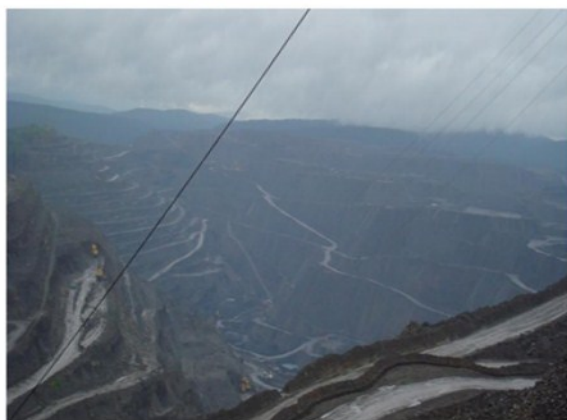
Основной задачей маркшейдера является организация строительства этих подземных сооружений, а в некоторых случаях и наземных, с учетом

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

правил технической эксплуатации и положений по сохранению природных ресурсов и окружающей среды.



На наш взгляд, образ маркшейдера значительно искажён. На сегодняшний день - это образованный целеустремлённый молодой человек или девушка, способные разбираться в сложных технических вопросах. На первых учебных занятиях у таких молодых людей следует завоевать доверие, чтобы повысить свой авторитет, суметь убедить в необходимости изучения скучноватых правовых формул, часто составленных не очень продвинутыми создателями законодательства. В этом случае автор использует практический опыт изучения фактических отношений по недропользованию, запечатлённый в Якутских фотографиях (это угольный разрез г.Нерюнгри, автор с гл. маркшейдером в 2007 г.).



Литература

1. Об исполнении федерального бюджета за 2013 год: Фед. закон от 04.10.2014 г. № 280-ФЗ // Рос. газ. – 2014. 10 окт.
2. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года

(Разработан Минэкономразвития РФ): Текст документа официально опубликован не был. [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: [справочно-поисковая система].

3. О недрах: Фед. закон РФ от 21.02.1992 г. №2395-1 (ред.01.03.2015 г.) // Рос. газ. – 1992. – 05 мая.

4. Перчик А.И. Горное право: Учебник. Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: Издательский Дом «ФИЛОЛОГИЯ ТРИ», 2002; Горное право: Учебник / И.В.Изюмов, В.И.Карасев, М.И.Клеандров, И.Р.Салиев (и др.); отв. ред. И.А.Ларочкина, Р.Н.Салиева. — М.: ООО «ПравоТЭК», 2010; Певзнер, М.Е. Горное право: Учебник для вузов. – 5-е изд., стер. — М.: Издательство «Горная книга», 2012.

5. Субботин М. Закон «О недрах» - пейзаж перед битвой // Нефть России. - 2002. - №12. - С.58.

6. Клюкин Б.Д. О развитии договорной основы права пользования недрами // Государство и право. - 2004. - №9.

7. Таханова С.С. Лицензирование недропользования // Разведка и охрана недр. - 2007. - №12. - С.55.

8. Ажогина Н.Н. Государственное регулирование эффективного использования природных ресурсов России и проблемы формирования национальной конкурентоспособности // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. - 2010. - №2. С. - 99.

9. Никитина Н.К. Методологические аспекты оценки эффективности системы лицензирования прав пользования недрами // Научный вестник Московского государственного горного университета. - 2011. - №3. - С.80.

10. <http://www.sibnedra.com/konkurs.htm> доступ свободный, дата обращения 19.01.2015 г.

11. О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд: Фед. закон от 05.04.2013 г. №44-ФЗ // Рос. газ. – 2013. – 12 апр.

12. Пучков В.Л., Петров, В.Л. Подготовка горных инженеров в вузах России в 2005 году // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2006. - №10. С.5.

13. <http://gorobr.ru/vuzi-rossii-osuschestvlyaiushchie-podgotovku-spetsialistov-po-napravleniyam-marksheyskoe-delo-i-geodeziya> доступ свободный, дата обращения 14.01.2015 г.

14. Коллини Г., Шимаров Р., Брук К. Некоторые вопросы правового регулирования недропользования в России, Казахстане и Кыргызстане // Законодательство. – 2007. - №3.

15. Мельников Н.Н., Каспарян Э.В. Подготовка кадров – необходимое условие подъёма горной промышленности Мурманской области // Вестник МГТУ. Т. 1. 1998. №1.

16. Никифоров С.Э. Подготовка маркшейдеров для нефтегазодобывающей промышленности // Маркшейдерский вестник. – 2009. - №3.

17. Попов В.Н., Яковлев П.В., Тухель Е.А. Подготовка в системе высшего профессионального образования горных инженеров по специальности 130402 «Маркшейдерское дело» // Горный информационно-аналит. бюл. – 2009. - №4.

18. Петров В.Л., Янченко Г.А., Попов В.Н., Ащеулов В.Н. О готовности СГТА вести подготовку горных инженеров по специальности маркшейдерское дело (результаты экспертизы) // Горный информационно-аналит. бюл. – 2009. - №8.

Александр Иванович Маркеев, канд. юридических наук, доцент кафедры правовых и социальных наук, тел. 8-903-902-64-10, E-mail: markeev@sapa.nsk.su, Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г.Новосибирск

УДК 622:681

И.И.Ерилова

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЕКТА ОБУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНАМ «ГЕОДЕЗИЯ» И «МАРКШЕЙДЕРИЯ» СТУДЕНТОВ ГОРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Рассмотрены основные аспекты и тенденции изменения статистических данных, характеризующих динамику развития инновационного образовательного проекта обучения студентов горных специальностей дисциплинам «Геодезия» и «Маркшейдерия» в Московском горном институте НИТУ «МИСиС» (учебно-информационный сайт: www.irina-erilova.narod.ru/, интернет-канал на хостинге YouTube: www.youtube.com/c/ИринаЕрилова).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: учебный процесс; геодезия; маркшейдерия; лекции; интернет; сайт; видео; инновационный проект; студент; образование.

I.I.Erilova

THE GEODESY & MINE SURVEYING ONLINE EDUCATION PROJECT DYNAMICS FOR THE MINING PROFESSIONS STUDENTS

The Report shows the main aspects and trends of the statistics data variations that characterize the innovative Online Education Project dynamics for the mining professions students in the disciplines "Geodesy" in "Mine Surveying" of the Moscow Mining Institute, NUST «MISiS» (the educational and reference web site: www.irina-erilova.narod.ru/ and the youtube channel: www.youtube.com/c/ИринаЕрилова).

KEY WORDS: learning process; geodesy; mine surveying; lectures; internet; website; video; innovative project; student; education.



О старте, основных параметрах, целях, задачах, планах и проблемах реализуемого на кафедре «Геологии и маркшейдерского дела» Московского Горного института НИТУ «МИСиС» электронного образовательного проекта обучения студентов горных специальностей дисциплинам «Геодезия» и «Маркшейдерия» подробно изложено в публикациях автора на страницах журнала «Маркшейдерский вестник»:

«Опыт использования интернет-пространства в учебном процессе на примере сайта «Учебник маркшейдера и геодезиста» (№5, 2013, стр.45-55); «Аналитические аспекты применения инновационных технологий для подготовки специалистов горного профиля» (№3, 2014, стр.62-65); «Дистанционный метод изучения дисциплин «Геодезия» и «Маркшейдерия» студентами горных специальностей» (№3, 2015, стр.22-26).

Следует сразу отметить, что за прошедшие 3,5 года развития проекта электронного обучения аудитория пользователей образовательными продуктами (материалами), разработанными в его рамках, вышла далеко за пределы не только университета, но и страны.

При этом проект гармонично вписался в Концепцию федеральной целевой программы развития образования на 2016-2020 годы, принятой Постановлением Правительства РФ в январе 2015 г., в части «создания и распространения структурных и технологических инноваций в профессиональном образовании».

Напомним, что суть проекта заключается в ис-

пользовании возможностей интернета в процессе подготовки специалистов горных профессий в ВУЗе.

Общеизвестно – интернет-образование достаточно давно и широко используется во многих странах мира, но, как правило, в гуманитарной сфере и на платной основе.

Разработанный автором и используемый в практической работе проект не претендует на уникальность, а позиционируется в качестве технологического инструмента современного образовательного процесса, оставаясь общедоступным и свободным от каких-либо финансовых обременений. Его актуальность доказывается трёхлетним опытом и статистическими показателями.

Основные медиаресурсы (продукты) проекта формируются из структурных элементов: видеолекции по изучаемым дисциплинам и видео по практическим работам (95 фильмов общей продолжительностью около 19 час.); сгруппированные в один пакет видео-ролики по изучаемым темам (41 фильм общей продолжительностью 3 час. 45 мин.); методическая литература, состоящая из двух блоков: авторская (17 наименований) и рекомендованные академические издания (4 единицы); учебно-информационные жанровые фильмы (учебные геодезические практики, международные выставки, доклады на семинарах, защита дипломных проектов и проч., всего 14 видео продолжительностью более 2-х часов); вспомогательные информационные материалы (ссылки, фотоснимки, анонсы событий, материалы тестирования и проч.). Укрупнённая структура информационных материалов проекта представлена в табл.1.

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Таблица 1

Наименование медиаресурса	Кол-во видео, шт.	Продолжит., час:мин:сек	Объём, Gb	Примечание
Видео-лекции по дисциплине «Маркшейдерия», 2014	15	03:40:51	9,0	актуализирован
Видео-лекции по дисциплине «Геодезия», 2015	14	02:48:20	7,7	актуализирован
Видео-лекции по дисциплине «Геодезия и маркшейдерия», 2012	30	06:46:04	2,5	
Видео-лекции по дисциплине «Геодезия», 2012	16	02:29:47	1,0	
Видео-лекции по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» для студентов специальности «Маркшейдерское дело», 2013	15	02:33:41	6,8	читался до 2013
Практические работы по дисциплине «Маркшейдерия», 2015	3	00:28:47	1,2	актуализирован
Практические работы по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация», 2013	2	00:10:42	0,2	читался до 2013
Тематические видео по дисциплине «Маркшейдерия», в том числе:	14	01:36:37	4,0	
авторские	7	01:04:39	2,6	
скомпилированные	7	00:31:58	1,4	
Тематические видео по дисциплине «Геодезия», в том числе:	14	01:24:48	3,4	
авторские	5	00:58:05	2,7	
скомпилированные	9	00:26:43	0,7	
Трейлер авторского канала	2	00:04:01	0,3	актуализирован
ВСЕГО на канале: www.youtube.com/c/ИринаЕрилова	125	22:03:38	36,1	
Тематические видео по ссылкам с сайта: www.irina-erilova.narod.ru	25	02:46:45		
Методическая литература	21 наименование, в том числе авторские работы - 17			
Тематические фотоальбомы	31 альбом, 968 снимков			

Продукты проекта размещены на трёх хостингах интернета: видео-лекции и фильмы на YouTube, методическая литература и фотоматериалы на Yandex, авторский сайт на uCos.

Объём электронной информации проекта (на 1 января 2016 г.) составляет порядка 70 GB.

За время существования проекта к его видеоресурсам обратились около 240 тыс. чел. (количество просмотров пользователями). График посещений представлен на рис.1.

График динамики посещений видео-канала проекта по годам можно видеть на рис.2. Прирост составил: 2014 к 2013 – 15,2%, 2015 к 2014 – 81,4%, 2015 к 2013 – более чем в 2 раза.

Востребованность ресурсов проекта студенческой аудиторией, в определённой степени, характеризуется показателями постоянных подписчиков и положительных оценок (рис.3).

Всего подписчиков на видео-канал (на 31.12.15) – 793 пользователя. Оценку «нравится» активировали 764 чел. («не нравится» – 62).

Функцией – «поделиться» воспользовались 318 чел. (рис.4).

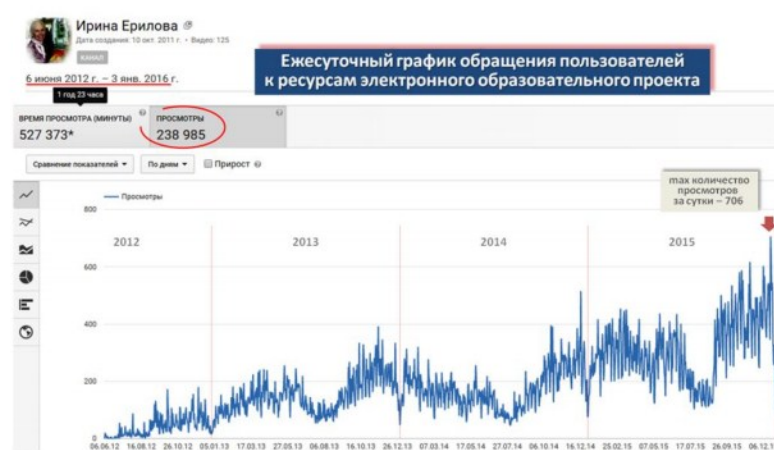


Рис.1

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ



Рис.2

Объём контента электронного проекта, демонстрируемый на встроенных видеоплеерах сторонних сайтов, – «трансляция на других сайтах», показан на рис.5.

Основной объём трансляции материалов проекта на внешних веб-сайтах (более 95%) осуществляется в России, Украине, Казахстане и Белоруссии, при этом ссылки на контент размещены в 61 стране мира. Например, количество трансляций составило: в Германии – 23, в США – 15, Испании – 8, Великобрита-

нии – 7, Франции – 5 раз.

Отмеченные факты показывают, что материалы электронного образовательного проекта пользуются популярностью не только в России и СНГ, но и в странах дальнего зарубежья. В процентном отношении распределение затрат времени на ознакомление только с видео-продуктом составило: Россия – 66% (153021 посещение), Украина – 12% (32269 посещений), страны СНГ (без РФ) – 15% (38400 посещений), страны дальнего зарубежья – 7% (15295 посещений), в том числе развитые страны большой семёрки – 1,2% (2681 посещение). Сумма времени, затраченное всеми пользователями, – 527373 минуты, что соответствует *одному году и 23 часам непрерывного просмотра*.

Общее количество стран, представители которых познакомились с материалами проекта, составляет 158.

Среди них такие, как Доминика, Реюньон, Конго-Киншаса, Пуэрто-Рико, Бермудские о-ва и другие развивающиеся страны.

В общем числе подписчиков (793 человека из 48 стран) многие не являются русскоязычными (рис.6).



Рис. 3

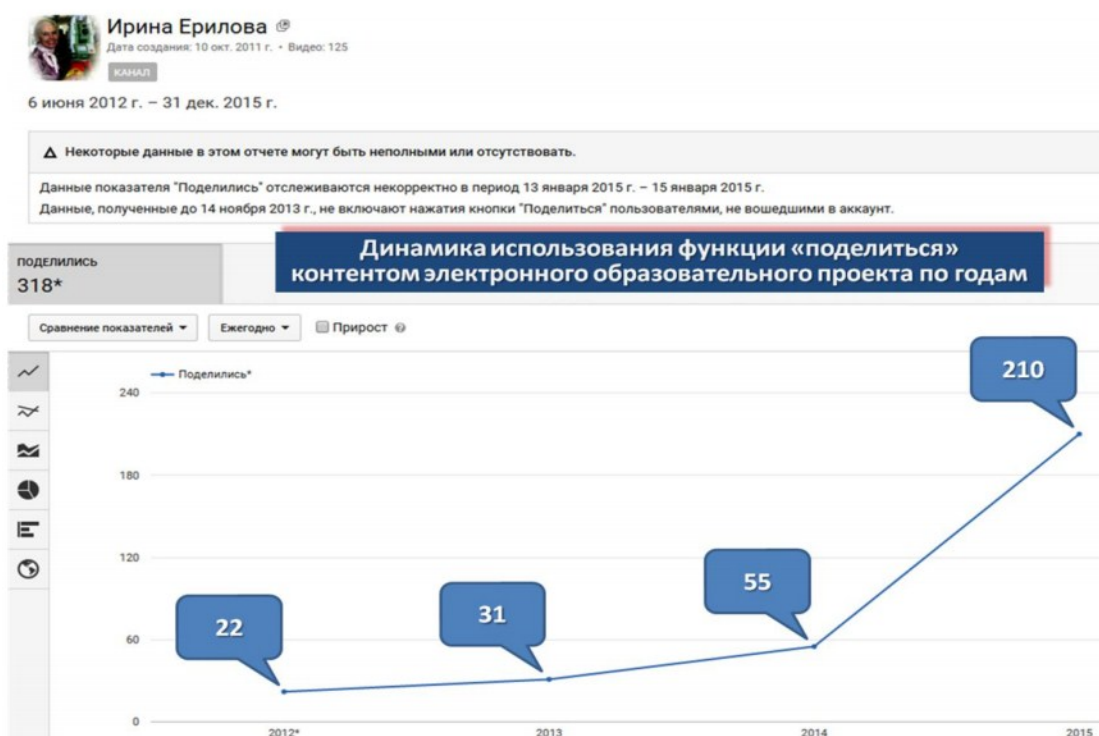


Рис. 4

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

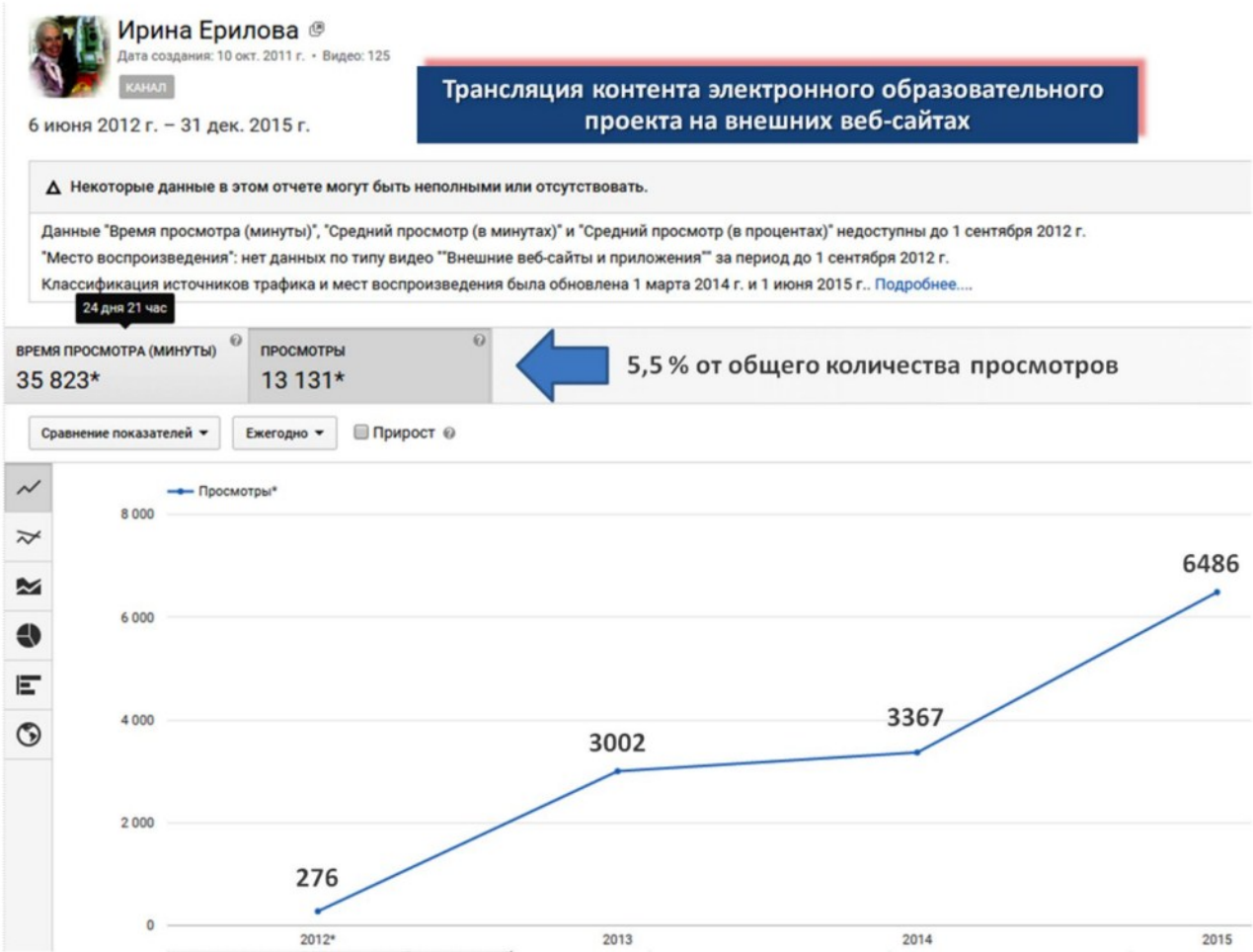
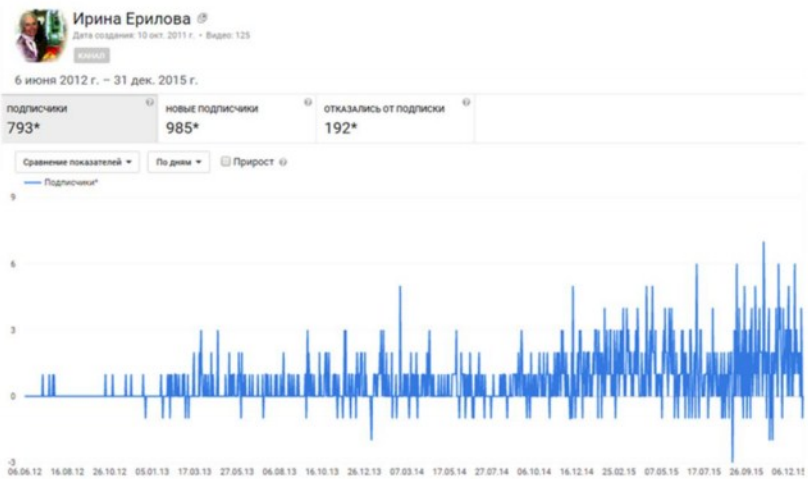


Рис. 5



Источник	Местоположение	Дата	Статус подписки
Местоположение	Подписчики* @ ↓	Местоположение	Подписчики* @ ↓
Россия	493	Саудовская Аравия	1
Украина	87	Гватемала	1
Казахстан	66	Перу	1
Соединенные Штаты	25	Греция	1
Беларусь	23	Малайзия	1
Киргизия	11	Бельгия	1
Молдова	10	Аргентина	1
Азербайджан	9	Ирландия	1
Грузия	5	Синт-Мартен	1
Польша	4	Швейцария	1
Бразилия	4	Дания	1
Неизвестный регион @	3	Латвия	1
Монголия	3	Сербия	1
Болгария	3	Тайвань	1
Турция	3	Таиланд	1
Франция	3	Макао	1
Испания	3	Румыния	1
Израиль	3	Вьетнам	1
Германия	3	Черногория	1
Армения	2	Венесуэла	1
Эстония	2	Чили	1
Мексика	2	Гвинея	1
Чехия	2	Ливан	1
Ирландия	1		
Гватемала	1		

Рис. 6

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Блок электронного проекта – «учебно-методическая литература» на 1 января 2015 г. представлен 21-им наименованием в формате PDF, в том числе 17 – издания автора. Динамика обращений пользователей к этому ресурсу представлена на рис.7.



Рис. 7

Помимо «скачиваний» методической литературы (2509, в т.ч. авторской – 1553 раза), пользователи просматривали её 1615 раз.

В блоке фотоматериалов проекта – 31 тематический альбом с 968 снимками. Динамика просмотров фотографий представлена на рис.8.



Рис. 8

Приведённая графическая и цифровая информации отражают динамичное продвижение ресурсов электронного проекта, его актуальность и целесообразность. Не вызывает сомнения, что разработанная автором методика, применяемая в практической преподавательской деятельности, способствует повышению качества подготовки специалистов горного производства посредством более глубокого изучения дисциплин «Геодезия» и «Маркшейдерия» на современном уровне.

В заключение о «цитируемости».

Показатели «цитируемости» возведены в непререкаемую характеристику статуса любого представителя профессорско-преподавательского состава учебного заведения и являются незыблемой основой всевозможных рейтингов и оценок, как отдельной личности, так и всего университета (ВУЗа).

Вместе с тем, пока никак не учитывается «цитируемость» информации, озвученной в формате уникальных видео-материалов учебного профиля. Очевидно, что интеллектуальные учебные составляющие «печатного» слова и визуального ряда, по меньшей мере, однозначны (если второе не превосходит первое).

Касательно материалов электронного образовательного проекта. Элементы статистики, характеризующие взаимодействие пользователя с контентом, («поделились», «добавили в избранное», «трансляция на других сайтах»), являются, в определённом смысле, «цитируемостью».

В перспективе, этот вопрос потребует законодательного решения.

Резюмируя, можно добавить: опыт автора убедительно показывает, что в результате использования в преподавательской практике элементов вышеописанной электронной образовательной технологии, уровень приобретаемых компетенций студенческой аудитории существенно вырос, а сам процесс получения знаний и умений обучающимися стал более интенсивен, информативен и привлекателен.

Положительная динамика развития проекта реально отражает поступательное движение к решению целевой задачи – улучшению качества высшего образования.

Ерилова Ирина Игоревна, доцент кафедры ГМД МГИ НИТУ «МИСус», тел. (499)230-2558; E-mail: irina-erilova@yandex.ru, i.i.erilova@gmail.com, URL: youtube.com/c/ИринаЕрилова

К 110-летию со дня рождения Гальперина П.Я.

(1906-1980)



Выдающийся конструктор оптических приборов военного назначения, а также приборов по горной геологии и маркшейдерскому делу Пётр Яковлевич Гальперин родился 5 апреля 1906 г.

В конце 1920-х гг. окончил Техникум точной механики и оптики по специальности «Оптические приборы». После окончания техникума работал во Всесоюзном объединении оптико-механических приборов (ВООМП). Занимался проектированием оптических приборов военного назначения, в частности, - приборов для зенитных орудий, самолётных прицелов и оптических приборов для кораблей.

В предвоенные годы работал на Ленинградском оптико-механическом заводе (ЛОМЗ) по тому же военному направлению. Работу совмещал с преподаванием в ЛИТМО на кафедре Специальных оптических приборов.

В 1938 г. был награждён орденом Красной Звезды. Войну встретил в должности Главного конструктора ЛОМЗ. За успешное перебазирование завода в Новосибирск и организацию производства военной оптики в количествах, превзошедших довоенный уровень, в декабре 1941 г. руководители ЛОМЗ, в том числе Гальперин П.Я., были удостоены высшей награды - ордена Ленина.

Во время войны неоднократно командировался на фронт для проведения инспекций состояния военной оптики в войсках, организации её ремонта и эксплуатации. После возвращения завода в Ленинград и объединения его с заводом ГОМЗ занимал должность Главного конструктора завода. Был организатором и первым начальником СКБ и опытного производства.

Продолжая заниматься созданием новых моде-

лей оптических приборов военного назначения, одновременно работал также по специальным заданиям академиков И.В.Курчатова и Н.Н.Семёнова.

В августе 1950 г. после увольнения в 1949 г. с завода ЛОМЗ Пётр Яковлевич поступил работать во Всесоюзный Научно-Исследовательский Маркшейдерский Институт (ВНИМИ), где работая непосредственно у кульмана, продолжил создавать новые приборы. Высокая квалификация и опыт позволили ему в новой области быстро занять ведущее положение - должность зам.начальника КБ, затем зам.директора завода и и.о. главного инженера. Все эти годы П.Я.Гальперин фактически руководит конструкторской группой завода. С конца 1975 г. по конец 1980 г. работает непосредственно у кульмана инженером-конструктором первой категории и продолжает создавать новые конструкции приборов.

Совместно с учениками Пётр Яковлевич создал множество новых моделей приборов, получивших высокую оценку и многочисленные награды Выставки Достижений Народного Хозяйства (ВДНХ). Ушёл из института в возрасте 75 лет после тяжёлой болезни.

Особое место в конструкторской деятельности Петра Яковлевича занимает конструирование маркшейдерских гирокомпасов. Он являлся одним из авторов создания широко известного на горных предприятиях маркшейдерского торсионного взрывобезопасного гирокомпаса МВТ2.

Опыт разработки этого гирокомпаса послужил основой для создания последующих новых моделей маркшейдерских гироскопических приборов МВТ2М, МВТ4, «Меридиан» и др. Большой вклад Пётр Яковлевич внёс в создание первого взрывобезопасного электронного светодальномера МСД1М.

Отмечая 110-летие со дня рождения выдающего конструктора и изобретателя Петра Яковлевича Гальперина, хочется отметить такие его личные качества как скромность, доброжелательность, тактичность, умение разбираться в сложных ситуациях, широкий интеллектуальный кругозор. Эти и другие высокие человеческие качества Петра Яковлевича заслужили ему большой авторитет среди коллег и работников, с которыми он успешно сотрудничал, а также любовь и светлую память друзей и родных.

Отдавая дань памяти П.Я.Гальперину, журнал предполагает опубликовать очерк воспоминаний об этом замечательном человеке: выдающемся конструкторе, наставнике, друге, отце.



ИНФОРМАЦИЯ

Обзор конференции

«ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ГЕОЛОГО-МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТ ПРИ ДОБЫЧЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ» г.Тюмень, 2016 г.

Некоммерческим партнерством «Содействие развитию горной промышленности «Горное дело» при содействии Общероссийской общественной организацией «Союз маркшейдеров России» и с 29 февраля по 4 марта 2016 г. в г.Тюмени была проведена Всероссийская научно-практическая конференция «Промышленная безопасность и геолого-маркшейдерское обеспечение работ при добыче углеводородного сырья».



В работе конференции участвовали 63 человека, включая руководителей и ведущих специалистов маркшейдерских и геологических служб нефтегазодобывающих организаций: ООО «ЛУКОЙЛ-Коми», ПАО «Газпром нефть», АНО «Аудит недропользования и консалтинг», АО «Ачимгаз», НАО «Проектно - изыскательский институт ГЕО», ИПКОН РАН, ОАО «Сургутнефтегаз», ООО «Газпром добыча Уренгой», ООО «НОВАТЭК-ТАРКОСАЛЕНЕФТЕГАЗ», ООО «Газпромнефть – Ямал», АО «РОСПАН ИНТЕРНЕШНЛ», ООО «Сибирская геодезическая компания», ООО «НПП «ГеоПрофи», Московский государственный университет геодезии и картографии, ООО «Газпром добыча Иркутск», ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз», ОАО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз», ООО «Газпромнефть – Хантос», ЗСФ ИНГГ СО РАН, ООО «Газпром добыча Ямбург», ООО «НОВАТЭК-ЮРХАРОВНЕФТЕГАЗ», ЗАО «Мессояханефтегаз», ООО «Севернефть-Уренгой», ООО «Бурнефтегаз», ООО «Предприятие интенсивных технологий «СИБИНТЭК», ООО «НПП «Сибгеокарта», ООО «Газпромнефть-Ангара», ООО «СибГеоПроект», ПАО «Варьеганнефтегаз», ООО «Тюменский нефтяной научный центр», и др., а также специалисты федеральных органов исполнительной власти, слушатели курсов повышения квалификации и представители научных, общественных, экспертных организаций, ведущих специализированных маркшейдерско-геодезических компаний, включая ООО «Компания Совзонд», компанию «Геомат», ООО «НАВГЕОКОМ».



В ходе заседаний были заслушаны доклады на такие актуальные темы, как: «Об опыте надзорной деятельности и нормативного регулирования Ростехнадзора в сфере недропользования», «О правоприменительной практике государственного горного надзора Северо-Уральского управления Ростехнадзора», «О методическом сопровождении внедрения прогрессивных технологий при производстве маркшейдерских работ», «Космический радарный мониторинг смещений и деформаций земной поверхности и сооружений», «Принципы создания рациональной системы наблюдений за сдвижением горных пород и земной поверхности на месторождениях нефти и газа», «Результаты геодезического мониторинга на территории Усть-Вахской площади Самотлорского месторождения», «Сканирующие тахеометры в нефтегазовой отрасли. Автоматизация и работа с облаками точек на борту тахеометра в 3D. Примеры проектов в РФ», «Вопросы организации работы со служебной информацией», «Наблюдения за деформациями опасных производственных объектов методом лазерного сканирования», «Технология обработки сверхдлинных GNSS векторов», «Система мониторинга недропользования как поддержка маркшейдерской службы в нефтяных и газовых компаниях», «Об опыте геодезических исследований в ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», «О квалификационных требованиях при выполнении подрядных маркшейдерских работ», «Об опыте внедрения передовых технологий в производстве маркшейдерских работ в ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз», «Об аттестационных комплексах по маркшейдерскому делу», «Об опыте формирования маркшейдерского раздела в составе проектной документации на разработку месторождений углеводородов» и др.

В рамках конференции были проведены круглые столы на темы: «О проектах нормативных требований по согласованию планов развития горных работ и уточнению границ горных отводов» и «О деформационном мониторинге объектов обустройства месторождений углеводородного сырья».

ИНФОРМАЦИЯ



На конференции были вручены почетные грамоты и благодарности за большой вклад в маркшейдерское дело, обеспечение безопасного, рационального недропользования и охраны недр от Союза маркшейдеров России и НП «СРГП «Горное дело».



В рамках конференции была проведена техническая экскурсия, работа в рамках секций.

По результатам работы участниками конференции было принято решение.

РЕШЕНИЕ

Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность и геолого-маркшейдерское обеспечение работ при добыче углеводородного сырья»

04.03.2016

1. Одобрить проводимую Некоммерческим партнерством «Содействие развитию горной промышленности «Горное дело» и Общероссийской общественной организацией «Союз маркшейдеров России» работу по обеспечению промышленной безопасности при недропользовании и геолого-маркшейдерскому обеспечению работ при добыче углеводородного сырья.

2. Рекомендовать руководителям геологических, маркшейдерских и иных инженерных служб горно- и нефтегазодобывающих организаций обеспечить:

реализацию одобренной Ростехнадзором Концепции совершенствования нормативных требований по ведению наблюдений за состоянием горных отводов;

подготовку и направление для обобщения в Союз маркшейдеров России предложений по доработке проектов приказов Ростехнадзора об утверждении Положения о порядке подготовки, рассмотрения и согласования планов и схем развития горных работ по видам полезных ископаемых и Положения о порядке подготовки и оформления документов, удостоверяющих уточненные границы горного отвода, и порядку ведения реестра горноотводной документации;

организационно-техническую поддержку деятельности кафедр геологии, маркшейдерского дела и промышленной безопасности, иных инженерных кафедр горных вузов, включая их оснащение новейшими приборами и оборудованием, технической литературой, организацию производственных практик студентов, привлечение к выполнению хозяйственных работ;

подписку предприятий-недропользователей на

г.Тюмень

профессиональные издания - «Маркшейдерский вестник», «Маркшейдерия и недропользование», «Разведка и охрана недр», «Безопасность труда в промышленности» - для обсуждения актуальных проблем в сфере горного производства, доведения до специалистов сведений о новых технологиях, приборах и инструментах;

моральное поощрение специалистов к дням геолога, маркшейдера, шахтера и нефтяников, внесших значительный вклад в обеспечение рационального и безопасного недропользования, общественными и ведомственными наградами, используя возможности Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России», Российского геологического общества и НП «СРГП «Горное дело»;

обмен опытом, повышение квалификации, переподготовку специалистов геологических, маркшейдерских служб, служб промышленной безопасности, иных инженерных служб;

принять меры к пополнению фонда Музея истории маркшейдерского дела приборами, инструментами, технической литературой, образцами документации, связанными с историей становления маркшейдерского дела.

3. Поручить НП «СРГП «Горное дело» и Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России» довести настоящее решение до сведения министерств и ведомств природно-ресурсного блока, горно- и нефтегазодобывающих организаций.

Председатель совета НП
«СРГП «Горное дело»

В.В. Грицков

О СПРАВОЧНИКЕ МАРКШЕЙДЕРА

УДК 622.1(035)

ББК 33.12я22

С74

Справочник маркшейдера: в 3-х ч. — М. : Издательство «Горное дело», ООО «Киммерийский центр», 2015. — 440 с., табл., ил. — (Библиотека горного инженера. Т. 7 «Охрана недр». Кн. 1). ISBN 978-5-905450-61-7.



Авторский коллектив: Г.П.Жуков – руководитель авторского коллектива; В.В.Грицков, Ю.В.Громов, В.Н.Гусев, Н.В.Гусева, В.В.Зверев, И.П.Иванов, М.А.Иофис, В.М.Калинченко, Ю.Н.Корнилов, Н.В.Кротов, А.Ф.Кулакова, М.И.Лаптева, В.Б.Лебедев, О.А.Маринина, Т.К.Пустовойтова, А.Н.Шабаров

В серии «Библиотека горного инженера» издательством «Горное дело» в Москве в 2015 году издан Справочник маркшейдера в 3-х частях. Это событие в настоящее время является весьма актуальным.

Маркшейдерская служба в сфере горного производства является одной из ведущих инженерных служб. На нее возложены актуальные и ответственные задачи в области маркшейдерских измерений и картирования, геометризации и рационального использования недр, изучения и прогнозирования горно-геологических условий горных разработок, охраны наземных природных и искусственных объектов и горных выработок от вредного влияния горных разработок, мониторинга процессов сдвижения горных пород и проявлений горного давления, учета запасов и объемов выполненных горных работ и многое другое. При этом только хорошо организованная, наделенная определенными правами, укомплектованная квалифицированными кадрами и необходимым штатом, технически оснащенная маркшейдерская служба в состоянии оперативно и технически правильно решать все возложенные на нее задачи.

Справочник по маркшейдерскому делу под редакцией профессора А.Н.Омельченко является наиболее поздним изданием и датируется 1979 г. Этот справочник, подготовленный в основном учеными ВНИМИ, за прошедшие годы стал раритетом.

Существенные изменения, произошедшие с 1979 г. в технике и технологии выполнения маркшейдерских работ, и острая необходимость внесения в справочник современных данных как по маркшейдерским приборам и оборудованию, так и по новым технологиям ведения маркшейдерских работ вызывали в последнее время острую необходимость его переиздания.

Новый Справочник маркшейдера подготовлен коллективом научных сотрудников Научного центра геомеханики и проблем горного производства Национального минерально-сырьевого университета «Горный» (Горный университет), преподавателями Горного университета и Южно-Российского государственного технического университета, сотрудниками Института проблем комплексного освоения недр РАН, ВНИМИ, Союза маркшейдеров России и ОАО «СУЭК Красноярск».

Среди авторов справочника (17 человек) пять докторов наук, девять кандидатов наук и три высококвалифицированных инженера.

Справочник содержит предисловие, 31 раздел, два приложения: «Таблицы и постоянные величины» и «Нормативные и методические документы», литературу и предметный указатель. Всего в трех томах Справочника 1288 страниц, 199 таблиц и 461 рисунок.

Справочник включает современную методику и технику маркшейдерских работ, новые технические нормативы на производство маркшейдерских работ, современную техническую базу и др.

Маркшейдерская служба в сфере горного производства является одной из ведущих инженерных служб. На нее возложены актуальные и ответственные задачи в области маркшейдерских измерений и картирования, геометризации и рационального использования недр, в изучении и прогнозировании горно-геологических условий горных разработок, охраны наземных природных и искусственных объектов и горных выработок от вредного влияния горных разработок, в области изучения процессов сдвижения горных пород и проявлений горного давления, учета запасов и объемов выполненных горных работ, в решении различных текущих инженерных задач и контрольных функций по вопросам охраны недр, окружающей среды и безопасного ведения горных разработок. При этом только хорошо организованная, наделенная определенными правами, укомплектованная квалифицированными кадрами и необходимым штатом, технически оснащенная маркшейдерская служба в состоянии оперативно и с необходимой точностью решать все возложенные на нее задачи.

Горные предприятия оснащаются современными

ми отечественными и импортными приборами и инструментами: высокоточными оптическими и электронными теодолитами и тахеометрами, лазерными нивелирами, гирокомпасами, фотограмметрическим оборудованием, измерительными и вычислительными комплексами. В связи с этим важнейшими областями маркшейдерского дела на современном этапе его развития являются:

- новые измерительные и вычислительные средства и способы, включая создание цифровых карт и планов на основе современных ГИС-технологий;
- современные способы хранения геолого-маркшейдерской документации;
- системы дистанционного измерения подземных и открытых горных выработок;
- подсчет запасов и контроль за потерями при добыче полезных ископаемых;
- изучение проявлений горного давления и сдвигения пород, вызванных горными работами;
- мероприятия по охране окружающей среды на территории проведения горных работ;
- восстановление (рекультивация) почвы, нарушенной горными работами;
- проведение мероприятий при ликвидации (консервации) горных предприятий;
- контроль соблюдения права собственности на недра, горного и земельного отводов и др.

В Справочнике маркшейдера авторский коллектив максимально учел все новое и передовое в теории и практике маркшейдерского дела.

Представлены современные маркшейдерские приборы и оборудование: отечественные и зарубежные оптико-механические и электронные теодолиты, тахеометры, нивелиры, гирокомпасы, лазерные указатели направления и приборы вертикального проектирования, GPS – аппаратура, инерциальные системы, лазерные сканирующие устройства, в том числе подземные, и другие современные приборы и оборудование. В Справочнике представлены также отдельные детали и узлы приборов, отечественные маркшейдерские приборы, специально разработанные с учетом специфики назначения и практически доказавшие целесообразность своего использования, такие как угломер У-60, взрывобезопасные лазерные указатели направления и маркшейдерские гирокомпасы. Такая информация будет полезной для модернизации или разработки новых приборов и для расширения кругозора специалистов горной отрасли и маркшейдерского приборостроения.

В связи с прогрессивными изменениями в технологии строительства горных предприятий изложены методы маркшейдерских работ при возведении башенных копров, сооружений глубоких шахтных стволов и монтаже высокопроизводительных под-

емных установок.

Вопросы учета движения запасов, учета и нормирования потерь полезных ископаемых изложены в соответствии с принятыми классификациями запасов и потерь и утвержденной новой «Отраслевой инструкцией по учету балансовых и расчету промышленных запасов, определению, нормированию, учету и экономической оценке потерь угля (сланца) при добыче». Учтены также основные положения Международной классификации запасов/ресурсов полезных ископаемых. Особое внимание уделено методам определения размеров потерь полезных ископаемых и оценке влияния уровня потерь на экономические показатели горного предприятия.

Разделы о построении и развитии сетей триангуляции, трилатерации, полигонометрии, нивелирования, а также топографической съемки написаны с учетом внедрения дальномерных измерений применительно к конкретным задачам маркшейдерской службы горных предприятий и в соответствии с новыми требованиями государственных и межотраслевых инструкций. Рекомендуемые в справочнике способы обработки и оценки точности маркшейдерских измерений отражают современные методы вероятностной оценки точности. При этом рекомендовано широкое использование компьютерных технологий.

Возросли требования промышленной безопасности к маркшейдерскому обеспечению горных работ для достоверного учета параметров горных разработок и прогнозирования опасных ситуаций. Маркшейдерским работам вблизи опасных зон, лазерно-сканирующим технологиям съемок, геодинимической безопасности, маркшейдерским работам при ликвидации (консервации) предприятий и др. посвящены специальные разделы, которых не было в предыдущих изданиях.

Приведены основные сведения о применении компьютеров для решения маркшейдерских задач и изготовлению горной графической документации с помощью ГИС-технологий в электронно-цифровом формате. Значительно расширен раздел о съемках открытых разработок полезных ископаемых, подвергся большой переработке раздел о сдвигении горных пород, защите зданий, сооружений и природных объектов при подработке. По новому изложен раздел, посвященный методам геометризации и прогноза горно-геологических показателей месторождений полезных ископаемых.

Справочник будет полезен работникам маркшейдерских служб горнодобывающих предприятий, преподавателям, аспирантам и студентам горных вузов и факультетов, а также может служить полезной информацией при развитии отечественного маркшейдерского приборостроения.

**Президент
ООО «Союз маркшейдеров России»**



В.С.Зимич