

ISSN 2073-0098

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC-TECHNICAL AND PRODUCTION MAGAZINE

МАРКШЕЙДЕРСКИЙ

№3 (118)

май-июнь
may-june

ВЕСТНИК

2017

MINE SURVEYING BULLETIN



ТМВ

ЧУ «ЦДПО «Горное образование»



К 25-летию издания журнала «Маркшейдерский вестник»

25 лет

1992-2017 гг.

Уважаемые Читатели, дорогие друзья и коллеги!

В октябре 2017 г. научному и производственному журналу «Маркшейдерский вестник» исполняется 25 лет.

В 1992 г. его первый номер стал преемником и продолжателем журнала «Маркшейдерские известия» - издания, организованного в 1910 г. профессорами В. И. Бауманом и П. М. Леонтовским как печатный орган маркшейдеров Юга России «Маркшейдерские известия» выходили с 1910 по 1921 гг.

Сегодня журнал «Маркшейдерский вестник» является ведущим специализированным изданием, которое вот уже четверть века способствует развитию и повышению эффективности всего комплекса маркшейдерских работ. Высокий научный и профессиональный уровень журнала подтверждается его включением в перечень ВАК.

Приглашаем Вас принять участие в праздновании 25-летнего юбилея основного журнала в отечественной маркшейдерии.

Ваши статьи, приветствия, поздравления и добрые пожелания коллективу журнала будут опубликованы на страницах юбилейного выпуска журнала, материалы в который принимаются до 15.08.2017 г.

Наши адреса :

- ✓ для писем и телеграмм: 107078, г. Москва, а/я №164
- ✓ для статей, приветствий и поздравлений: mark_vestnik@mail.ru
- ✓ телефон для справок: +7 (499) 261-51-51.

MVНАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ**ЖУРНАЛ**

№ 3 (118)

май-
июнь

2017

**«МАРКШЕЙДЕРСКИЙ
ВЕСТНИК»**

Журнал издается 25-й год (с 1992 г.) и продолжает традиции периодических научно-технических изданий по маркшейдерскому делу, вышедших в России и СССР в 1910–1936 гг.

**УЧРЕДИТЕЛИ**

ЧУ «ЦДПО «Горное образование»
ООО «СОЮЗ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ»
ОАО «ГИПРОЦВЕТМЕТ»

ИЗДАТЕЛЬ

ЧУ «ЦДПО «Горное образование»

РЕДАКЦИЯ**Главный редактор**

СУЧЕНКО Владимир Николаевич, д.т.н.
тел.: +7 (495) 632-22-55

Зам. главного редактора

НИКИФОРОВА Ирина Львовна
тел. +7 (926) 247-32-51

Редактор

Капитонов Сергей Иванович
тел.: +7 (916) 919-82-71

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**Алексеев Андрей Борисович**

Начальник отдела маркшейдерского контроля
и безопасного недропользования Ростехнадзора

Гальянов Алексей Владимирович

д.т.н., профессор УГГУ

Глейзер Валерий Иосифович

д.т.н., зам. ген. директора ООО «Геодезические
приборы»

Гордеев Виктор Александрович

д.т.н., профессор, зав. кафедрой УГГУ

Грицков Виктор Владимирович

исполнительный директор ООО «Союз маркшейдеров
России»

Гусев Владимир Николаевич

д.т.н., профессор, зав. кафедрой Санкт-Петербургского
горного университета

Загибалов Александр Валентинович

к.г.-м.н., профессор кафедры МДиГ Иркутского НИТУ

Зимич Владимир Степанович

президент ООО «Союз маркшейдеров России»

Зыков Виктор Семенович

д.т.н., профессор, Кемеровский филиал АО «ВНИМИ»

Кашников Юрий Александрович

д.т.н., профессор, зав. кафедрой Пермского ГТУ

Кузьмин Юрий Олегович

д.ф.-м.н., профессор, исп. директор ИФЗ
им. О. Ю. Шмидта РАН

Макаров Александр Борисович

д.т.н., профессор, член-корр. РАЕН

Навитный Аркадий Михайлович

зам. начальника управления маркшейдерского
обеспечения ГУРШ Минэнерго России, вице-президент
ООО «Союз маркшейдеров России»

Охотин Анатолий Леонтьевич

Президент ISM, профессор, зав. кафедрой МДиГ
Иркутского НИТУ

Черепнов Андрей Николаевич

главный инженер ПАО «АЛРОСА»

Юнаков Юрий Леонидович

к.т.н., профессор, зав. кафедрой Института горного
дела СФУ

ПОЧТОВЫЙ АДРЕС: 107078, г. Москва, а/я № 164**МЕСТО НАХОЖДЕНИЯ:** 105064, г. Москва,
Гороховский пер., д. 5, оф. 16**ТЕЛЕФОН РЕДАКЦИИ:** +7 (499) 261-51-51**E-MAIL:** mark_vestnik@mail.ru**САЙТ ЖУРНАЛА** www.mvest.su**ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ**

Агентства Роспечати 71675

Пресса России 90949

Урал-Пресс 71675

В течение года можно оформить подписку на журнал
через редакцию

РЕГИСТРАЦИОННОЕ СВИДЕТЕЛЬСТВО

№ 0110858 от 29.06.1993 г.

ISSN 2073-0098

Выходит 6 раз в год

ОРИГИНАЛ-МАКЕТ: ООО «Дизайнерский центр
«ВАЙН ГРАФ»**ОТПЕЧАТАНО В ТИПОГРАФИИ:** ООО «Андоба Пресс»**ЗАКАЗ** № 172684**ТИРАЖ** 990 экз.

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

© ЖУРНАЛ «МАРКШЕЙДЕРСКИЙ ВЕСТНИК»

СОДЕРЖАНИЕ

В СОЮЗЕ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ

М. П. Васильчук

О ПОВЫШЕНИИ УРОВНЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ 4
M. P. Vasilchuk ON INCREASING THE LEVEL OF INDUSTRIAL SAFETY

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Е. И. Панфилов

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОПРЕДЕЛЕНИЮ И УЧЕТУ ПОЛНОТЫ
ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ (в порядке обсуждения) 10
*E. I. Panfilov TO IMPROVE THE METHODOLOGICAL APPROACH TO THE DEFINITION
AND COMPLETENESS OF DEVELOPMENT OF DEPOSITS OF SOLID MINERALS (in order of discussion)*

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

Л. С. Назаров, Т. В. Илюшина

РЕШЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ЗАДАЧ ВРЕМЕН Г. АГРИКОЛЫ СТАРИННЫМИ
ЛИНЕЙНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ 21
*L. S. Nazarov, T. V. Ilyushina THE SOLUTION OF SURVEYING TASKS G. AGRICOLA'S TIMES WITH HELP
ANCIENT LINEAR MEASURING INSTRUMENTS*

А. В. Zubov, В. Г. Потюхляев

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА «i» НИВЕЛИРА И ЕГО ПРАКТИЧЕСКОЕ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 32
*A. V. Zubov, V. G. Potyukhlyayev UNIVERSAL METHOD OF DETERMINING THE ANGLE «i» OF LEVEL
AND ITS PRACTICAL USE*

И. А. Шлемов, А. В. Гальянов

ТОЧНОСТЬ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ТРИАНГУЛЯЦИОННЫХ
СХЕМ. МЕТОД НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ 35
*I. A. Shlemov, A. V. Galyanov ACCURACY OF THE METHODS OF EQUALIZING MINE SURVEYING
AND GEODESIC TRIANGULATIONS. THE METHOD OF ORDINARY LEAST SQUARES*

М. В. Курков, А. Е. Семенов, А. А. Котов

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГЕОСКАН ДЛЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ 42
*M. V. Kurkov, A. E. Semenov, A. A. Kotov APPLICATION OF GEOSCAN TECHNOLOGY FOR
MINE SURVEYING WORKS*

Н. С. Копылова, Н. С. Павлов, А. В. Баранова

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ
ИЗМЕРЕНИЙ СРЕДСТВАМИ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ПРИБОРНО-ВОДОЛАЗНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ
ГАЗОПРОВОДОВ 47
*N. S. Kopylova, N. S. Pavlov, A. V. Baranova ENHANCEMENT OF THE TECHNIQUE OF PROCESSING
OF RESULTS OF LAND MEASUREMENTS BY MEANS OF CLOUD COMPUTING WHEN CARRYING OUT
INSTRUMENTAL AND DIVING SURVEY OF UNDERWATER TRANSITIONS OF THE MAIN GAS PIPELINES*

ГОРНАЯ ГЕОМЕХАНИКА

Н. В. Черданцев, С. В. Черданцев, В. С. Зыков

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА,
ВМЕЩАЮЩЕГО ВЫРАБОТКУ И ДИЗЬЮНКТИВНОЕ НАРУШЕНИЕ 51
*N. V. Cherdantsev, S. V. Cherdantsev, V. S. Zykov MODELING OF THE GEOMECHANICAL STATE
OF THE ROCK MASS, INCLUDING THE DEVELOPMENT AND DISJUNCTIVE DISLOCATION*

<i>Б. Ю. Зуев, С. В. Цирель, М. Е. Мельницкая, Р. И. Истомин</i> ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОБРУШЕНИИ ПОРОД КРОВЛИ.....	56
<i>B. Yu. Zuev, S. V. Tsirel', M. E. Mel'nickaja, R. I. Istomin</i> <i>PHYSICAL MODELING OF GEOMECHANICAL PROCESSES DURING COLLAPSE OF THE ROOF</i>	
<i>А. П. Господариков, Я. Н. Выходцев</i> ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ СЕЙСМОВЗРЫВНЫХ ВОЛН НА СЛОИСТЫЙ ГОРНЫЙ МАССИВ, ВКЛЮЧАЮЩИЙ ГОРНУЮ ВЫРАБОТКУ	61
<i>A. P. Gospodarikov, Ia. N. Vykhodtcev</i> <i>ONE APPROACH TO THE MATHEMATICAL MODELLING OF SEISMIC WAVES GENERATED BY BLASTING OPERATIONS AND THEIR EXPOSURE TO THE STRATIFIED ROCK MASS SURROUNDING THE EXCAVATION</i>	
ЮБИЛЕИ 60 ЛЕТ ГРИЦКОВУ ВИКТОРУ ВЛАДИМИРОВИЧУ.....	65
<i>60-TH ANNIVERSARY OF GRITSKOV VICTOR VLADIMIROVICH</i>	
ИНФОРМАЦИЯ ОБЗОР КОНФЕРЕНЦИИ «ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ И ОХРАНА НЕДР»	67
<i>REVIEW OF THE CONFERENCE «INDUSTRIAL SAFETY IN THE SUBSOIL USE AND SUBSOIL PROTECTION»</i>	
ОБЗОР IX МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «КОМБИНИРОВАННАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ: РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ»	69
<i>REVIEW OF THE IX INTERNATIONAL CONFERENCE «COMBINED GEOTECHNOLOGY: RESOURCE-SAVING AND ENERGY EFFICIENCY»</i>	
45-Е ЗАСЕДАНИЕ ПРЕЗИДИУМА МАРКШЕЙДЕРСКОГО МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА	71
<i>45-TH MEETING OF THE PRESIDIUM OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR MINE SURVEYING</i>	



**НА ПЕРВОЙ СТРАНИЦЕ ОБЛОЖКИ:
ЭКСПОНАТ МУЗЕЯ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА – ТЕОДОЛИТ
ВЫСОКОТОЧНЫЙ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЛИМБАМИ
(США, Бостон, Buff & Buff Co, 1906–08 гг.)**

Продолжаем знакомить наших читателей с экспонатами Музея маркшейдерского дела при Союзе маркшейдеров России. В этом номере представляем Вашему вниманию теодолит высокоточный с металлическими лимбами (США, 1906–08 гг.).

Данный теодолит «прецизионный» (т. е. «высокоточный»). Его горизонтальный лимб может вращаться вокруг оси, что определяет тип теодолита – повторительный. Зрительная труба (280 мм) соединена с вертикальным лимбом, полностью градуированным 0-90-0-90°, с ценой деления 0,5°. Горизонтальный лимб, градуированный 0-360°, также имеет цену деления в полградуса. С учетом верньера на 60 делений (по тридцать в обе стороны: 30-0-30) итоговая точность отсчетов по обоим лимбам – полминуты. В это время (начало XX в.) теодолиты преимущественно достигали одномоментной точности. Прецизионные теодолиты выпускались либо малой серией, либо по индивидуальному заказу (гравированная надпись говорит в пользу второго варианта, как и необычной формы наклонно проставленные цифры лимбов и верньеров).

Высокоточные теодолиты использовались в начале XX века при точных триангуляционных работах 1 класса (определении географических координат и точной астрономической привязки триангуляционных пунктов).

Более подробная информация о данном инструменте представлена на стр. 50.

О ПОВЫШЕНИИ УРОВНЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ

От редакции: Отмечая 27 июня 2017 года 85-летний юбилей ветерана Госгортехнадзора России – выдающегося горного инженера-маркшейдера Марата Петровича Васильчука (юбилейная статья о его жизни и трудовой деятельности опубликована в № 2 (117) 2017 нашего журнала), мы публикуем его воспоминания о сложной и ответственной работе в государственной системе горного и промышленного надзора и точку зрения на ситуацию с обеспечением промышленной безопасности в сфере недропользования в современной России.

Обеспечение безопасности ведения технологических процессов – важнейший социально-политический вопрос. Хотелось сравнить, что было на промышленных предприятиях при плановой системе экономики и что мы имеем сейчас.

Ранее на всех государственных предприятиях действовала система, которая была призвана обеспечить безопасное ведение работ. На всех предприятиях, вплоть до министерств и ведомств, были подразделения, которые анализировали состояние техники безопасности во всех структурных подразделениях. Выработывали меры по улучшению безопасного и производительного труда. Был установлен контроль за внедрением новой производительной техники и новых технологий. Все министерства имели институты, которые занимались анализом состоянием безопасности труда в отрасли и разработкой мер по ее обеспечению. Здание, где сейчас расположен следственный комитет, принадлежало институту Министерства черной металлургии «Гипромез», в Люберцах находился крупнейший «Институт горного дела имени Скочинского» Министерства угольной промышленности, который занимался изучением влияния горно-геологических процессов на технологию ведения горных работ и вырабатывал меры и требования по безопасному применению в конкретных горно-геологических условиях оборудования и технологий. Были институты, которые занимались только безопасностью труда шахтеров – это МакНии и ВостНии. В системе Министерства угольной промышленности СССР был уникальный институт ВНИИМИ (Всесоюзный научно-исследовательский маркшейдерский институт). Разработками этого института были точнейшие приборы для выполнения маркшейдерских работ в шахтах. Им был впервые в горном деле разработан гирокомпас для ориентировки горных работ в простран-

стве. Кроме этого, институт активно занимался изучением геодинамических процессов при ведении горных работ, влиянием ведения горных работ на земную поверхность. Аналогичные институты были и в других отраслях промышленности. И это была наука не для удовлетворения личных амбиций ученого, научных разработок от этих институтов требовала жизнь, напряженные народно-хозяйственные планы.

К сожалению, были аварии и несчастные случаи, но они были в основном вызваны стремлением выполнить план любой ценой и элементарными нарушениями технологической дисциплины.

Кроме хозяйственных работников, которые организовывали функционирование производства, действовала и система надзорных органов. Контроль в вопросах охраны труда осуществляли технические инспектора отраслевых профсоюзов. Действовала система Госгортехнадзора СССР. Причем инспектора Госгортехнадзора обладали правами в любое время (дня и ночи) посещать подконтрольные предприятия, выдавать, обязательные для исполнения руководителями предприятий предписания для устранения выявленных нарушений, давать представления об отстранении от должности работников, систематически допускающих нарушения правил безопасности на своих участках работ.

Партийные органы активно занимались вопросами промышленной безопасности. Это прежде всего вопросы подбора и расстановки кадров руководителей, вопросы реконструкции и строительства. Штабы по координации работ разных организаций, как правило, возглавлялись партийными руководителями. Аварии и несчастные случаи рассматривались на разных уровнях партийной иерархии. К нарушителям предъявлялись жесткие требования. И, конечно, самым суровым решением было исключение из рядов КПСС. На этом карьера для работника за-

канчивалась. Наступала уголовная ответственность, а так как коммуниста судить было нельзя, нужно было исключить из партии, а затем судить. ЦК партии также уделял много внимания безопасности. О каждом групповом несчастном случае докладывалось секретарю ЦК, который занимался промышленностью (в то время – В. И. Долгих). Он следил за ходом ликвидации и расследованием аварий.

Я помню расследование аварии на шахте «50 лет СССР» в Караганде. Председателем комиссии был председатель Совета министров Казахстана Б. А. Ашимов, членом комиссии – секретарь ЦК Казахстана по промышленности Н. А. Назарбаев. Они просили меня регулярно, три раза в день, докладывать В. И. Долгих о ходе ликвидации аварии. У секретаря ЦК всегда возникало очень много острых вопросов, он очень хорошо знал производство, часто заслушивал отчеты министров по вопросам безопасности. Эти отчеты проходили с участием руководителей Госгортехнадзора СССР.

В то время Госгортехнадзор СССР обладал большими правами и, главное, имел большую поддержку партийных органов. При этой поддержке Госгортехнадзор из комитета при правительстве был преобразован в Государственный Комитет СССР, что значительно подняло статус органа. Председатель комитета стал членом правительства.

Особое значение имели местные органы по территории СССР. Во всех республиках, кроме Российской Федерации, были государственные комитеты. На них лежала вся оперативная работа. В положении о Госгортехнадзоре СССР было записано, что главная задача органа – заставить министерства заниматься вопросами безопасности. Большой проблемой было отставание в обновлении основных фондов, замене устаревшего оборудования. На подконтрольных предприятиях инспектора были не только контролерами, но и организаторами работ по технике безопасности. Госгортехнадзор большое внимание уделял подготовке кадров. Может многих удивит, но с подачи заведующих кафедр охраны труда Бауманского института, Ленинградской лесотехнической академии при поддержке Госгортехнадзора СССР в школах был введен предмет «Основы безопасности жизнедеятельности». В вузах (особенно горных) было упорядочено преподавание предмета «Охрана труда». Удалось при прежней

длительности подготовки специалистов выделить на охрану труда и технику безопасности 360 часов вместо 60 прежде. В горных вузах наряду с госэкзаменом по научному коммунизму был введен экзамен по технике безопасности. Это особо подчеркивало значимость требований правил техники безопасности. Большое внимание уделялось вопросам внедрения новой техники, новым технологиям и требованиям к ним. Эти требования закладывались в правила техники безопасности и были на постоянном контроле инспекторского состава.

Хочется остановиться еще на двух вопросах деятельности Госгортехнадзора: вопрос ведения взрывных работ на гражданских предприятиях и вопрос рационального использования недр (охрана недр). В 1977 году после террористического акта в Московском метро и взрыва на улице 25 лет Октября было принято постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР по вопросам сохранности взрывчатых материалов. Госгортехнадзору было предписано считать своей основной задачей контроль за расходом взрывчатых материалов. В то время на подконтрольных предприятиях расходовалось в год порядка 1,5 млн т промышленных взрывчатых веществ и соответствующего количества электродетонаторов и капсулей-детонаторов. На предприятиях СССР работало порядка 50 тысяч взрывников и мастеров-взрывников. Число занятых на ведении взрывных работ и транспорте взрывчатых материалов (ВМ) постоянно возрастало. Был создан Межведомственный совет по взрывному делу. В состав совета входили заместители министров горнодобывающих министерств, МВД, КГБ. Главными вопросами совета были вопросы сохранности взрывчатых веществ (ВВ), анализ, разработка новых типов ВВ и технологий ведения взрывных работ. Работа Совета имела огромное значение



для предотвращения терроризма. И не понятно, почему, когда угроза терроризма значительно возросла, этот совет в Ростехнадзоре (преемник Госгортехнадзора) прекратил свою работу.

Другой важнейший государственный вопрос – это охрана недр при ведении горных работ. Охрана недр – это оптимальное ведение горных работ, которое не приводило бы к порче месторождения, не допускало бы неоправданных потерь в недрах. При плановой экономике для предприятий планировался уровень извлечения полезных ископаемых из недр. Эту функцию в народном хозяйстве выполнял Госгортехнадзор. Извлечение из недр полезных ископаемых напрямую связано с техникой безопасности. Предотвращение шахты от затопления и пожара – это и охрана недр, и безопасность производства. Эту работу может выполнять только квалифицированный горный инженер, над которым не давит желание получения сиюминутной выгоды. Вот так формировался инспекторский состав. Эту функцию Ростехнадзор потерял. В бытность министра природных ресурсов Ю. П. Трутнева эти функции были переданы структурам Минприроды, когда Ростехнадзор был ему подчинен. Беда в том, что этот надзор не был организован, он и не может организоваться в этой системе, потому что в ней нет горных специалистов, да они и не привязаны к конкретным предприятиям. В свое же время система Госгортехнадзора создавалась в том числе для борьбы с хищнической эксплуатацией недр. Этот документ подписал еще И. В. Сталин.

В настоящее время идет хищническая, безжалостная разработка недр. Есть настоятельная необходимость решения этой проблемы. Иначе государство окажется в положении, когда уголь нужно будет закупать за границей, так как свои уникальные месторождения будут уничтожены.

Госгортехнадзор СССР после чернобыльской аварии был объединен с комитетом по атомному надзору. Я в это время был первым заместителем председателя этого комитета и занимался вопросами промышленного надзора. Было очевидно, что все шло к развалу СССР. Об этом много написано историками, мне бы хотелось рассказать, как складывалась обстановка с обеспечением безопасности труда на промышленных предприятиях в то время. Мне по долгу службы приходилось входить в состав ряда комиссий Со-

вета Министров России. Был хороший контакт с заместителями председателя Совета Министров Л. А. Горшковым, Л. Б. Ерминым, Ф. А. Табеевым. Они были согласны, что такой самостоятельный орган, как Госгортехнадзор в РСФСР необходим. Верховный Совет принял такое решение, и я возглавил этот комитет. Вскоре произошел развал СССР, и решение о создании комитета было очень кстати, чтобы сохранить орган и самое главное – кадры специалистов. В период формирования государственных органов управления удалось добиться подчиненности Госгортехнадзора Администрации Президента РФ. Положение об органе было утверждено Президентом. В положении были предусмотрены широкие права, как для самого органа, так и для инспекторского состава. Инспекторский состав в любое время имел возможность посещать подконтрольные предприятия, независимо от формы собственности, и выдавать обязательные для исполнения предписания об устранении выявленных нарушений.

Весьма сложным и непонятным был переход экономики к рыночным отношениям. На мой взгляд, весьма губительными для экономики были два закона, принятые еще при Горбачеве: закон о кооперации и закон о государственном предприятии. Первый способствовал разворовыванию государственных средств предприятий, а другой – уничтожению квалифицированных кадров руководителей. Началась выборность руководителей не по знаниям и опыту работы, а по принципу, кто больше кричит и обещает благ. Это открыло дорогу к управлению предприятиями не специалистам, а, как принято сейчас говорить, менеджерам. Начались забастовки на предприятиях. Особенно в этом вопросе отличились шахтеры. Многие, наверное, помнят, как они сидели на Васильевском спуске в Москве и стучали касками на Горбатом мосту у Белого дома. Конечно, все это было спровоцировано и профинансировано заинтересованными людьми. Что странно, в требованиях бастующих шахтеров не было требований по улучшению условий их труда. В этот период инспектора, осуществляющие контроль за угольными шахтами, устанавливали контакт с руководителями стачечных комитетов и требовали от них выполнения работ по обеспечению безопасности шахт. Мы были вынуждены внести в «Правила безопасности в угольных шахтах» требование по запрещению

использования горных выработок в целях, не связанных с добычей угля. Были случаи, что шахтеры по несколько суток не выезжали из шахты. Раньше нормы и правила разрабатывались и утверждались по согласованию с отраслевыми профсоюзами и Госгортехнадзором. Отраслевых министерств не стало, и эту функцию организации, разработки и утверждения норм и правил Госгортехнадзор взял на себя. И это в тех условиях это было особенно важно. Отечественная промышленность активно разрушалась, появилась зарубежная техника и технологии, которые нужно было вписать в российский менталитет. Нас очень волновал вопрос состояния оборудования, находящегося на предприятиях. Было очевидно, что еще длительный период времени России придется работать на старом оборудовании. Как пример: Ржевский краностроительный завод изготавливал в год 1200 башенных кранов, сейчас – 0. Старые краны нужно было поддерживать в рабочем состоянии. Мы пошли по пути создания независимых от Госгортехнадзора организаций по освидетельствованию и диагностике опасных производственных объектов. Этим мы решали две задачи: первая – к контролю за безопасностью привлекались квалифицированные специалисты, а вторая – масса специалистов (инженеров) получали работу. Как правило, лицензию на выполнение этих функций мы выдавали отраслевым институтам. В этот период удалось создать при Госгортехнадзоре научный центр – НТЦ «Промышленная безопасность».

Были колоссальные сложности с финансированием надзорного органа. Помню очень сложную встречу у министра финансов. После долгих споров, удалось выдать из Минфина какую-то сумму финансирования. Сложность еще была в том, что зарплата у нарождающихся капиталистов активно росла. Для нас главной задачей было удержать кадры инспекторского состава.

В бытность СССР действовала программа «Безопасность», в которой участвовал наш научный центр. Как-то вице-президент Академии наук К. В. Фролов, возглавляющий эту программу, попросил меня доложить Президиуму Академии наук обстановку с безопасностью труда на предприятиях. В ходе доклада я подверг критике академика С. С. Шаталина: «Какую экономику вы строите, когда все средства молодыми капиталистами направляются на приобретение «Мерседесов», видеомагнитофонов и прочей

дребедени, а то и просто разворовываются». Такая была обстановка в тот период времени.

Очевидно, что сделанного тогда оказалось недостаточно. Мы начали работать над законом «О промышленной безопасности производственных объектов». Конечно, главная нагрузка легла на научный центр. И как хорошо, что он был создан в свое время: в нем собрались настоящие энтузиасты борьбы за безопасность труда в промышленности. Нам удалось добиться функционирования научного совета по защите докторских диссертаций. В течение четырех часов я доказывал юристам правительства, что такой закон нужен, но убедить их мне не удалось. Я привел последний довод: что вы будете делать, если проект такого закона поступит из Думы? Ответ – проект закона не поступит. Мы нашли в Думе людей, которые поддержали нас в разработке этого закона – это были депутаты Г. В. Паршинцева от Кемеровской области, возглавлявшая отдел социального обеспечения, не раз принимавшая участие в расследовании аварий и видевшая глаза семей погибших шахтеров, и В. И. Илюхин – председатель Комитета по безопасности. Во время первой чеченской войны на складе взрывчатых материалов геологов было 100 тонн взрывчатки. Бандиты все время пытались ограбить этот склад. Я дал команду вывезти эти ВМ в поле и уничтожить, чтобы не было соблазна. Когда я рассказал В. И. Илюхину об этом, он ответил, что кто хотел принять меры, тот принимал, а кто хотел вооружить бандитов, все оружие им оставил. Мы дважды рассылали проект закона губернаторам и после доработки наши лоббисты в Думе внесли закон в Правительство и на рассмотрение в Думу. Мне последовал звонок из Правительства: Дума внесла проект закона «О промышленной безопасности опасных производств», что нам делать? Я напомнил о нашей



4-часовой беседе и предложил с этим законом соглашаться. В 1997 году закон после небольшой корректировки администрацией президента был принят и сыграл большую роль для экономики в этот сложный период. Он решал ряд задач: прежде всего устанавливался государственный контроль за опасными объектами, определялась необходимость регистрации этих объектов, получение лицензии на опасный вид деятельности, проведение экспертизы, определялись функции надзорного органа, определялась ответственность предприятий за обеспечение безопасности и ряд других задач.

В 1992 году на шахте имени Шевякова в Кузбассе произошел взрыв газа метана, в результате которого 23 человека погибли. По обстоятельствам аварии мне стало понятно, что извлечь всех пострадавших не удастся, можно потерять еще много людей. Я позвонил В. С. Черномырдину, сказал, что ему обязательно надо вылететь в Кузбасс. В это время шло заседание Верховного Совета, где решался вопрос выбора председателя правительства. Он долго не соглашался, но все-таки решил лететь. В Быково подготовили самолет, и мы вылетели. На месте организовали штаб по расследованию аварии, провели совещание с инженерно-техническими работниками. Виктор Степанович был специалист по газопереработке. Я объяснил ему, что в газопереработке все процессы со взрывоопасными веществами проходят в трубах, но люди находятся за пределами этих труб. На угольных шахтах тоже все происходит в трубах (горных выработках), где присутствуют взрывоопасные вещества, газ метан и угольная пыль, но люди находятся тоже в этих трубах. После трех дней пребывания на месте аварии Виктор Степанович вернулся в Москву и был избран на заседании Верховного Совета Председателем Правительства. Впоследствии, когда я на заседании Совмина аргументировал тот или иной вопрос, он мне говорил: «Сядь и больше не вставай, а то начнешь нам рассказывать за аварии, доведешь нас до слез, и мы решим все, что ты хочешь». И, как правило, решали все в пользу безопасности.

Что сейчас волнует старого госгортехнадзорца, проработавшего в системе больше полувека? Прежде всего то, что головной орган системы Ростехнадзора вместе с территориальными органами уходят от надзора за безопасным ведением работ непосредственно на предприятиях.

Надо вести контроль не только за предприятием, но и за инспектором. Что видит опасного на предприятии инспектор, как реагирует на выявление нарушения? Тревожно то, что в центральном аппарате, да и в аппаратах территориальных органов в основном работают не специалисты-промышленники, а юристы и менеджеры. В беседе при приеме на работу с одним из специалистов из «счетной палаты», претендующего на работу в территориальном органе Ростехнадзора, на замечание, что он не знает ни устройства, ни условий эксплуатации подъемных сооружений, ни горного дела и вопрос, как он собирается работать, ответ был таков: «У меня будут помощники и советники, они будут готовить материалы, а я подписывать». Посмотрите на сайт органа, сколько там помощников и советников. Если такая же обстановка складывается и в других отраслях, то о какой эффективности экономики в стране может идти речь? Это привело к тому, что Ростехнадзор растерял все свои важнейшие функции и, главное, авторитет среди инженерной общественности страны.

Не надо обольщаться некоторым сокращением травматизма в наиболее опасной угольной отрасли. Главный вопрос правильного развития горных работ и обеспечения действующих угольных забоев необходимым количеством воздуха и средствами борьбы с пылью не решается на многих шахтах. Идет хищническая разработка запасов в Кузбассе, много проблем в Воркуте. Над всем довлеет требование: «Не кошмарьте бизнес». Не знаю, может бизнес и «закошмарили», надо разобраться – кто? А что происходит с безопасностью труда? Алчность застилает глаза на все! Шахты взрываются, корабли тонут, самолеты падают. Разве авиакомпания не видела, что нет надлежащего досмотра за загрузкой самолета? Должны были знать и действовать! Происходят катастрофы, гибнут люди, остаются сироты! Кто отвечает за произошедшую трагедию? Годами идут расследования и закрываются за истечение срока давности. Партия «Единая Россия» наконец-то набралась бы храбрости и начала исключать из своих рядов и отстранять от занимаемых должностей «чудо-руководителей».

Госгортехнадзор много работал по решению технических проблем в газовом надзоре: решили вопрос применения полиэтиленовых труб для газификации городов и других насе-

ленных пунктов, вопрос ремонта ветхих металлических трубопроводов. Работа велась вместе с Мосгазом, Запсибгазпромом. Изучали опыт в компаниях Рургаз, Бритишгаз, Газ де Франс. Интересная беседа состоялась с руководителями компании Газ де Франс в Париже. Это государственная компания, работающая на покупном газе. На вопрос, что им планирует государство, они ответили, что единственное требование государства – ежегодное снижение тарифа на 2%. Поэтому они и занялись проблемой использования полиэтиленовых труб и другими вопросами экономии. У них хорошо поставлена прикладная наука по использованию газа.

Госгортехнадзор допустил применение полиэтилена для газопроводов, что дало экономию газовикам и работу химикам для разработки необходимой марки полиэтилена.

В период, когда так остра проблема терроризма необходимо восстановить работу Межведомственного совета по взрывному делу. Необходимо завершить работу по применению в промышленности при взрывных работах электродетонаторов, не чувствительных к бытовым источникам тока (ранее такие разработки были).

Было много аварий на предприятиях по производству хлебопродуктов: элеваторы, мельницы, комбикормовые заводы. Происходило самовозгорание зерна, взрывы органической пыли. Ростехнадзор взял под контроль эти предприятия, и в настоящее время таких аварий нет.

Просто вышестоящими органами должны пониматься роль и значение надзора за безопасностью. Этот орган должен быть глазами и ушами Правительства в вопросах безопасности. Каждая авария и инцидент должны тщательно расследоваться, по ним должны быть сделаны выводы и приняты меры по их недопущению впредь. Ростехнадзор эту важнейшую функцию с помощью правительства передал территориальным органам. Пример расследования на шахте Шевякова – участие Черномырдина. После таких расследований большой руководитель смотрит по-другому на проблему безопасности. Сейчас после произошедшей аварии наперебой идут сообщения, что семьи погибших получают по миллиону рублей от администрации территорий, страховых компаний правительства и

т. д. Создается впечатление, что руководители стремятся откупиться. Конечно, обеспечение семей погибших – святое дело, но не менее важно не допускать впредь таких бед и наказывать нарушителей. Об этом должны все знать, но, к сожалению, стыдливо замалчивают.

Необходимо немедленно возложить на Ростехнадзор функцию, относящуюся к ведению горных работ, охрану недр. Это нормирование потерь полезного ископаемого, правильность предоставления горного отвода и порядка его отработки, исключающего порчу месторождения. Необходима разработка комплексных проектов отработки месторождений и на их основе предоставление горных отводов. Для выполнения этих функций Ростехнадзору нет необходимости увеличивать численность инспекторского состава.

Еще одна проблема, требующая решения, – это вопрос подчиненности Ростехнадзора. Его необходимо подчинить Администрации Президента. Так было и раньше, тем более что Ростехнадзор осуществляет контроль за атомной энергетикой. Может быть тогда не будут возглавлять этот орган специалисты, не имеющие никакого отношения к промышленности и никогда даже не контролировались инспекторами Госгортехнадзора-Ростехнадзора. И будет у Ростехнадзора четкое правовое положение.

Необходимо при Совете Безопасности создать комиссию по промышленной безопасности, которую мог бы возглавить руководитель Ростехнадзора. На заседаниях комиссии должны заслушиваться отчеты руководителей компаний по вопросам промышленной безопасности, мерах по антитерроризму, перспективах развития отраслей.

Ранее такая комиссия при Совете Безопасности была, но она была с экологическим уклоном. Не понятно, почему руководитель Ростехнадзора не является членом антитеррористической комиссии при ФСБ. Ростехнадзор стоит ближе всех контролирующих органов к уязвимым местам опасных производств. За этим органом стоит и использование промышленных взрывчатых веществ (порядка 700 тыс. т), к которым имеют доступ масса работников.

Надо держать руку на пульсе!



М. П. Васильчук

Председатель Научно-технического совета
ООО «Союз маркшейдеров России»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО
ПОДХОДА К ОПРЕДЕЛЕНИЮ И УЧЕТУ ПОЛНОТЫ
ОСВОЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТВЕРДЫХ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
(В ПОРЯДКЕ ОБСУЖДЕНИЯ)

Выполнено экспертно-аналитическое обобщение современного состояния и тенденций проводимых исследований, посвященных актуальной проблеме совершенствования методологии определения и учета потерь твердых полезных ископаемых при разработке месторождений, и предложены рекомендации по ее дальнейшему развитию.

Ключевые слова: месторождения твердых полезных ископаемых; геологоразведка; горное дело; освоение месторождений; извлечение полезных ископаемых из недр и полезных компонентов при первичной переработке; классификация потерь при добыче; методические положения; нормативы потерь.

E. I. Panfilov

TO IMPROVE THE METHODOLOGICAL APPROACH
TO THE DEFINITION AND COMPLETENESS OF
DEVELOPMENT OF DEPOSITS OF SOLID MINERALS
(IN ORDER OF DISCUSSION)

The authors of the expert-analytical generalization of the current state and trends of the ongoing research is devoted to the topical problem of improvement of the methodology for determining and taking into account losses of minerals during mining, and proposed recommendations for its further development.

Key words: deposits of solid minerals; geological exploration; mining engineering; field development; extraction of minerals from subsoil and mineral components while processing; classification of losses during extraction; methods; standards; losses.

Любой научный работник, специалист, пользователь минеральными образованиями, бизнесмен и представитель управленческих государственных структур, занятых в сфере горно-геологических отраслей промышленности, прекрасно осознают, что без продукции минерально-промышленного комплекса (МПК) невозможна наша жизнедеятельность, в том числе и научно-технический прогресс по большинству отраслей экономики, несмотря на прогрессивно ухудшающиеся условия освоения минеральных богатств недр Земли и другие объективные и субъективные причины, усложняющие получение товарной продукции МПК.

Для России, обладающей весьма значительными запасами минерально-сырьевых



Е. И. Панфилов

ресурсов, обеспечивающих, по нашим экспертным оценкам, более 50 % наполнения бюджета страны, проблема бережного, рационального и комплексного их использования еще на долгие годы сохранит свою государственную значимость. В решении этой проблемы участвуют не только органы законодательной и исполнительной властей всех уровней, но и широкий круг специалистов и ученых.

Одна из ключевых задач применительно к разработке месторождений полезных ископаемых заключается в обеспечении наибольшей (с общенародных позиций) полноты извлечения разведанных запасов, отождествляемой с понятием их потерь. По твердым полезным ископаемым (ТПИ) в качестве официального нормативного документа, регламентирую-

щего определение и учет потерь ТПИ при их добыче, правомерным, легитимным и обязательным для использования следует признать принятые в советские годы в соответствии с Постановлением Совета Министров СССР от 5 ноября 1970 г. № 899 «Типовые методические указания по определению, нормированию, учету и экономической оценке потерь твердых полезных ископаемых при их добыче» (ТМУ) [1], поскольку:

- во-первых, при образовании Российской Федерации все директивные документы СССР сохранили свою действенность до тех пор, пока Правительство РФ не примет постановление об их отмене или замене;

- во-вторых, имеющиеся постановления Правительства РФ и иные документы, касающиеся рассматриваемого вопроса, не отменяют ТМУ, а по принципиальным положениям соответствуют им;

- в-третьих, в практической деятельности горнодобывающих предприятий фактически до сих пор и почти повсеместно действует ряд положений ТМУ, в частности, касающихся классификации потерь при добыче.

Вместе с тем создание в стране новой, т. н. рыночной экономики, и передача большинства горных предприятий в руки частного капитала, сущностные интересы которого не совпадают с общегосударственными (точнее, общенародными), обусловили необходимость корректировки определенных положений ТМУ¹.

Одно из них – классификация потерь при разработке месторождений ТПИ. Учитывая значительное количество опубликованных работ, в том числе и предложения Роснедр [2], содержащих различное толкование действующей, согласно ТМУ, классификации потерь, возникла необходимость публично изложить нашу, как родоначальников ТМУ, точку зрения по этому вопросу. В наиболее полном виде она представлена в порядке обсуждения в работе [3]. Желая привлечь к ее обсуждению наибольший круг специалистов, особенно геологов и маркшейдеров – лиц, непосредственно занимающихся проблемой потерь при разработке месторождений ТПИ, целесообразно в настоя-

щей статье выделить и разъяснить наиболее значимые положения из ранее опубликованного исследования [3], а также наши экспертные оценки по имеющимся предложениям и собственное видение рассматриваемого, достаточно сложного вопроса.

В свое время (1962–1964) в процессе проведения НИР по разработке единой классификации потерь (ее участники – специалисты и научные работники 22 организаций НИИ и вузов СССР) в результате длительных обсуждений было принято определение понятия классификации потерь, как *системы, представляющей собой единство закономерно расположенных и находящихся во взаимной связи потерь, возникающих при разработке месторождений ТПИ*. В соответствии с существующими стандартами по созданию любой классификации применительно к минеральным ресурсам были выделены требования, предъявляемые авторам для составления объективной классификации потерь. Перечислим основные из них:

- в основу классификации должны быть положены объективные признаки, имеющие существенное технико-экономическое значение для отражения характера потерь, разработки мероприятий по их снижению и для экономической оценки последствий, вызываемых потерями;

- должна быть исключена возможность отнесения одного и того же вида потерь в различные группы классификации – каждый вид потерь должен иметь определенное и, как правило, единственное место в классификации, а неизбежные переходные или специфические виды потерь могут быть в порядке исключения обоснованно отнесены в разные группы;

- классификация должна быть единой, пригодной для любых видов ТПИ при любых (из существующих) способах подземной и открытой разработки, что позволяет вести статистический учет потерь, сравнивать и анализировать их по предприятиям горной промышленности, а также должна быть простой, наглядной, но в необходимой степени подробной и представительной.

В соответствии с принятым понятием и выбранными объективными признаками составлена классификация потерь, приведенная в ТМУ. Как известно, она вошла основной частью в отраслевые методические указания (мини-

¹ В работе не рассматривается экономическая часть ТМУ.

стерств угольной промышленности, цветной и черной металлургии, строительных материалов), а затем в инструкции по отдельным видам полезных ископаемых и по отдельным горнодобывающим предприятиям. Ее легитимность сохраняется по настоящее время. Но в новых экономических условиях остро встал вопрос о пересмотре многих нормативных документов, в том числе и ТМУ. Поэтому вполне понятно и оправдано стремление как федеральных органов законодательной и исполнительной власти, так и специалистов, ученых и представителей бизнес-сообщества упорядочить принятые во времена плановой экономики инструктивные и методические документы.

Наше видение решения этой задачи достаточно подробно было представлено в опубликованных работах [4, 5, 6, 9–11]. Однако соответствующие ведомственные структуры вместо всестороннего публичного обсуждения наших предложений в различных формах (в печати, на «круглых столах», общественных слушаниях и пр.), игнорируя другие точки зрения, взяли курс на продвижение и утверждение своих собственных позиций, страдающих серьезными недостатками и упущениями.

В связи с появлением все большего числа публикаций по этой теме, зачастую допускающих принципиальные методологические ошибки, мы вынуждены повторить в краткой форме (в порядке обсуждения) свои конкретные предложения в надежде на их общественное обсуждение с участием представителей федеральных органов исполнительной власти.

Предлагаемые основные изменения и дополнения к ТМУ ставят своей целью гармонизировать интересы бизнеса и государства в части обеспечения наиболее полной и качественной разработки месторождений ТПИ, ис-

ходя из постулата: *государство как собственник недр предоставляет недропользователю право временного пользования ресурсами недр при обязательном выполнении требований по рачительному пользованию недрами, предъявляемых предпринимателям, т. е. государственные интересы считаются приоритетными.*

Содержание наших обоснованных предложений [4, 5, 6, 9–11] сводится в основном к системе натуральных показателей, определяющих сущность самой проблемы применительно к процессам добычи ТПИ и первичной переработки минерального сырья. Из всех предложений выделим лишь те, которые имеют непосредственное отношение к теме, и изложим их в краткой форме, касаясь только той части ТМУ, которая, в нашем представлении, требует корректировки.

В существующую классификацию потерь предлагается внести следующие изменения:

1. Исключить класс общешахтных потерь и считать их временно неактивными, неразрабатываемыми запасами, числящимися на балансе горного предприятия, а также предусмотреть в ТЭО и планах ведения горных работ порядок, объемы, сроки отработки, показатели полноты и качества извлечения их из недр.

2. В группе эксплуатационных потерь выделить в самостоятельный класс потери в целиках у геологических нарушений. Определение этих потерь подлежит специальному обоснованию как в ТЭО, так и в планах ведения горных работ с учетом возможного извлечения их в установленные сроки.

В группе потерь ТПИ в массиве выделить два самостоятельных класса: потери в целиках различного назначения и потери в недоработанных частях оконтуренных балансовых запасов. Хотя потери этих классов обусловлены нарушением технологии или организации ведения горных работ, они имеют отличительные особенности, которые заключаются в том, что параметры целиков, как правило, устанавливаются проектом, а потери в недоработанных участках проектом не предусматриваются (не должны предусматриваться), что дает основание оценивать их отдельно. Подобная дифференциация в общем случае в какой-то степени условная, но для отдельных видов месторождений, особенно пластовых (уголь, сланец), жильных, целесообразна. В связи с участвовавшей практикой оставле-



ния части месторождения, эксплуатируемого несколькими недропользователями, неразработанной без отражения этого в проектах или взаимных соглашениях (чаще всего в угольной отрасли), возникает необходимость введения в классификацию такого вида потерь.

С учетом предлагаемых поправок скорректированная классификация эксплуатационных потерь в общем виде представлена на рис. 1.

Рассмотрим более подробно указанные виды эксплуатационных потерь.

Группа I. Потери полезного ископаемого в массиве:

Класс I. Потери полезного ископаемого у геологических нарушений:

Вид 1. В местах интенсивной трещиноватости массива.

Вид 2. В местах тектонических проявлений (сдвигов, надвигов, смятий, кливажа).

Вид 3. У геопатогенных зон.

Класс II. Потери полезного ископаемого в целиках:

Вид 1. В недоработанной части целиков (междублоковых, междупанельных, междуэтажных) у подготовительных выработок.

Вид 2. В целиках внутри выемочного участка (блока, камеры, панели, столба, карьерного поля, дражного полигона).

Вид 3. В целиках между выемочными слоями.

Класс III. Потери в недоработанных частях (участках):

Вид 1. В лежащем и висячем боках (в почве, плотике, кровле), по верхней и нижней границам, в бортах карьера.

Вид 2. В местах выклинивания и на флангах пласта, залежи, рудного тела, россыпи.

Вид 3. В подработанной части залежи, пласта, рудного тела.

Вид 4. В целиках участков, приграничных (смежных) с участками других недропользователей.

Класс IV. Потери в целиках пожарных, затопленных, аварийных участков.

Группа II. Потери отделенного от массива (отбитого) полезного ископаемого:

1) в подготовительных и очистных забоях при совместной выемке и смешивании с вмещающими породами;

2) оставленного в выработанном пространстве:

– от смешивания с обрушенными породами при выпуске;

– на лежащем боку (почве), на уступах, на днище блока;

3) в местах обрушений, в завалах, в пожарных и затопленных участках;

4) в местах погрузки/разгрузки, складирования, сортировки, на транспортных путях горного предприятия.

Указанные виды эксплуатационных потерь за исключением потерь в I группе – у геологических нарушений (I класс)¹ и в целиках пожарных, аварийных участков (IV класс) не подлежат нормированию – для них вводятся *технологические нормативы*. Они устанавливаются на каждом горнодобывающем предприятии по отдельным выемочным участкам (выемочным единицам) в соответствии с принятой в проекте техникой и технологией ведения горных

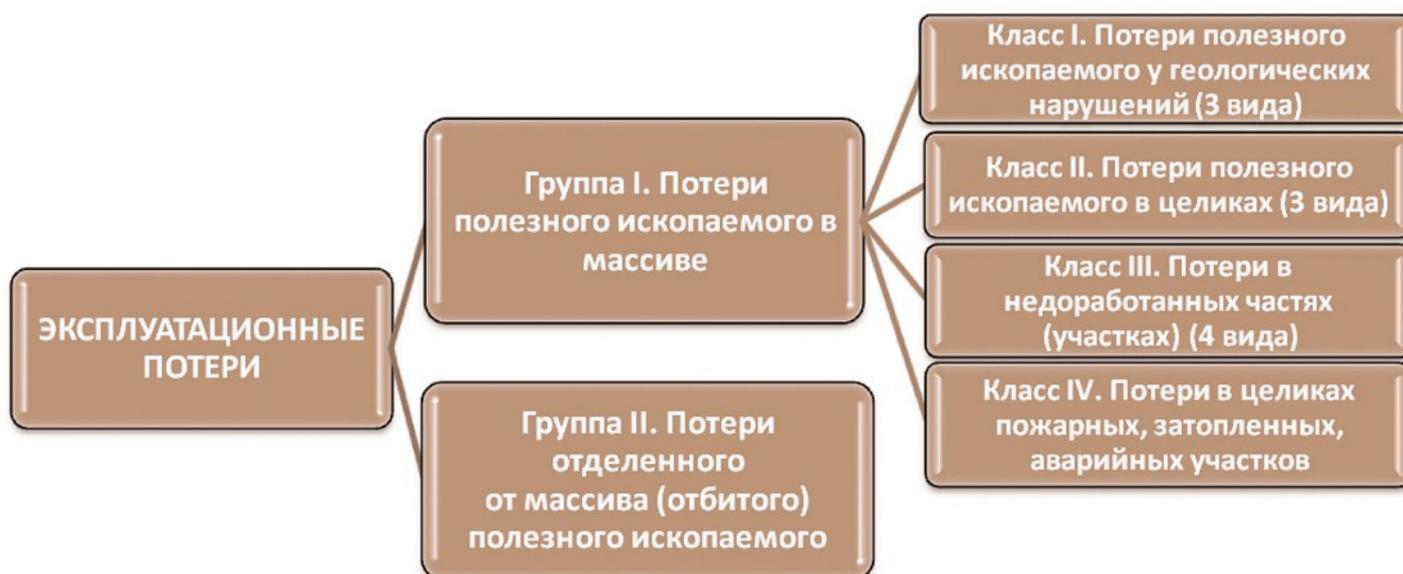


Рис. 1. Классификация эксплуатационных потерь

работ и могут корректироваться в процессе эксплуатации месторождения в случае существенного² изменения горно-геологических, технико-технологических, экономических и иных условий и параметров разработки месторождения (его части.)

Помимо технологических нормативов количественных потерь могут вводиться частные технологические нормативы по отдельным операциям (очистной выемке, выпуску при системах обрушений и др.). Необходимость принятия таких нормативов обычно возникает при значительных размерах (объемах) выемочных участков (единиц). Технологические нормативы количественных потерь при добыче, устанавливаемые по каждой выемочной единице, являются основой для оценки экономической эффективности полноты извлечения ТПИ из недр и должны обязательно включаться в экономическое обоснование при выборе вариантов техники и технологии ведения горных разработок при проектировании.

Наряду с допускаемыми при добыче количественными потерями существенную роль играют и потери качества извлекаемого ТПИ, чаще всего называемые *разубоживанием*. Этот термин с учетом того, что он получил широкое распространение и признан специалистами и неспециалистами (особенно представителями государственных органов исполнительной власти), можно сохранить, хотя более правильно оперировать понятием «*потери качества полезного ископаемого*», достаточно четко определяемым в ТМУ [1, с. 11–12] как происходящее в процессе добычи снижение содержания полезного компонента или полезной составляющей в добытом ТПИ по сравнению с содержанием его в массиве ТПИ (балансовых запасах), вследствие примешивания к нему пустых пород или некондиционного ТПИ, а также вследствие потерь части полезного компонента или полезной составляющей (в виде потерь обогащенной мелочи, вследствие выщелачивания полезного компонента и т. п.).

Помимо показателя «потери качества полезного ископаемого» для оценки качественных параметров извлекаемого полезного ископаемого рекомендуется сохранить в ТМУ показатель «*изменение качества полезного ископаемого при добыче*», характеризующий

коэффициентом изменения качества при добыче K_k , равным отношению показателей качественной характеристики добытого ТПИ и погашенных балансовых запасов. Итоговым, обобщающим натуральным показателем, характеризующим полноту и качество извлечения ТПИ из недр, является, как указано в ТМУ [1, с. 6–7], *коэффициент извлечения полезного ископаемого из недр K_v* .

Особое значение при расчете приведенных (и рекомендуемых) натуральных показателей полноты и качества извлечения ТПИ из недр имеет постоянно обсуждаемый в кругу специалистов вопрос об определении выемочной единицы (ВЕ), для которой устанавливаются эти показатели. В исследованиях, выполненных научным коллективом под руководством чл.-кор. АН СССР М. И. Агошкова [14], при определении ВЕ ставилась цель сформулировать общие принципы и положения по оценке ВЕ, поскольку из-за чрезвычайной изменчивости условий разработки и многочисленности учитываемых факторов дать исчерпывающее полное определение ВЕ практически невозможно. Мы полагаем, что конкретные показатели и параметры ВЕ должны быть приведены в отраслевых инструкциях, чего, к сожалению, до сих пор не сделано. В качестве одного из негативных последствий отсутствия четкого понятия ВЕ наметилась особенно в последние годы прогрессирующая тенденция – принимать в качестве ВЕ не только отдельные этапы, горизонты, но даже участок месторождения, разрабатываемый в течение определенного периода (год и более). Хотя подобные примеры могут иметь место в практике ведения горных работ (например, при морфологически выдержанных пластах или с примерно равными качественными характеристиками и пр.), их следует рассматривать как исключение из общего правила. С учетом подобной тенденции, а также мнения многих специалистов и ученых возникла необходимость в уточнении этого понятия, но лишь с позиции общих принципиальных положений, которыми целесообразно руководствоваться при установлении ВЕ. Главным из них мы считаем *принцип однородности (схожести) горно-геологических условий, техники, технологии и организации ведения горных работ, количественно выражаемый совокупностью отличительных признаков и параме-*

тров, характерных для изучаемого конкретного месторождения (его части).

С позиции оценки однородности горно-геологических условий разработки можно воспользоваться существующим делением месторождений по степени сложности геологических характеристик на четыре категории, соответственно которым принимаются четыре категории ВЕ. При этом в каждой категории ВЕ выделяются участки с примерно одинаковыми количественными признаками (морфология, углы падения, трещиноватость, кливаж, зоны и пр.)³. По показателю, имеющему наименьший диапазон изменения, уточняется размер ВЕ по горно-геологическим условиям.

Применительно к установленной по геологическим признакам величине ВЕ рассматривается однородность проектируемой системы разработки (ее вариантов), технологических схем, применяемого оборудования, технических средств и других количественно измеряемых параметров, оказывающих существенное (в диапазоне 5–10 %) влияние на установленные показатели полноты и качества извлечения ТПИ из недр. *Полученные значения ВЕ по однородности технологических факторов сопоставляются с величиной ВЕ по геологическим факторам и принимается окончательное ее значение, исходя из принципа наибольшей достоверности получаемых результатов.* Безусловно, общий методический подход к определению ВЕ корректируется при наличии других влияющих факторов (газоносность, повышенная обводненность, сейсмичность), причем коррективы подлежат обязательному документальному обоснованию. Возникающее на первый взгляд усложнение определения ВЕ в современных условиях развития технических средств и методов обработки любой информации не имеет значения, так как легко устраняется использованием блочных моделей и компьютерных способов обработки данных.

Вопросы учета и отчетности при добыче достаточно полно и подробно изложены в ТМУ [1, с. 19–25]. Однако требуется внести коррективы (в том числе в «Книгу учета» [1, с. 25]), касающиеся годовых отчетов по полноте и качеству извлечения ТПИ при добыче: в них, наряду с объемом и показателями потерь по погашенным ВЕ, необходимо ввести графу «Незавершенная выемка запасов» с теми же

показателями, так как не всегда, а чаще – как правило, сроки окончания разработки ВЕ и погашения запасов в ней могут не совпадать с отчетными, календарными периодами (квартал, год). Введение такой графы потребует изменения порядка взимания налогов и платежей. Кроме того, *отчетность* по показателям полноты и качества извлечения запасов из недр *при добыче проводится не по плановым периодам, а по завершению отработки ВЕ, погашению и списанию содержащихся в ней запасов.* Допускаются исключения, когда количество запасов ВЕ превышает добываемые объемы на планируемый период. В этом случае учет осуществляется согласно специальным инструктивным положениям.

Для обогащенного и металлургического переделов разрабатываются свои инструктивные документы по отчетности.

Существующий в ТМУ раздел, касающийся конкретных методов определения размеров потерь ТПИ, целесообразно сохранить в виде приложения и отражать в нем весь накопленный за годы, прошедшие после утверждения ТМУ, «багаж» новых знаний и технических средств определения прямыми методами количественных и качественных потерь по каждой ВЕ. Еще более ценно и полезно *разработать серию национальных стандартов по применению технических средств и методов непосредственного определения полноты и качества разработки месторождения на всех его стадиях (геология, добыча, обогащение), где уделить особое внимание комбинированным (комплексным) геотехнологиям (подземная и открытая разработка, подземная добыча традиционными методами и методами выщелачивания, способы скважинной геотехнологии и др.), которые в перспективе будут иметь определяющее значение.*



Вопрос о потерях при обогащении (первичной переработке) минерального сырья требует особого обсуждения. В период подготовки ТМУ по инициативе ИГД АН (руководитель М. И. Агошков) группой ученых (Л. А. Барский и др. [13]) проводились исследования с целью создания методических основ определения и нормирования потерь при обогащении и разработки на их основе соответствующих методических указаний. Для определения видов потерь в процессе обогащения и их дифференциации в качестве основного классификационного признака принимались причины возникновения потерь. При этом было выделено три вида потерь: потери, зависящие от качества поступающей на обогатительную фабрику руды, в том числе связанные с вещественным составом ее и системой разработки; технологические потери, связанные с нарушением принятой технологии; потери, зависящие от организации и управления предприятием. По каждому виду потерь перечислялись причины их возникновения и в отдельной графе указывались возможные пути их снижения.

В 2005 г. эта классификация нашла отражение в работе коллектива специалистов и ученых Московского государственного института стали и сплавов (технологического университета) [15], в которой достаточно подробно раскрыта совокупность объективных (качество руды, существующее оборудование, применяемые технические средства и пр.) и субъективных (неплановые остановки, неоптимальный режим процесса и т. д.) факторов, влияющих на показатели извлечения. Однако наличие субъективных признаков в классификации нарушает принципы разработки любой классификации и исключает возможность ее применения для установления нормативных показателей, вследствие чего работа не была утверждена в виде соответствующих методических указаний. В настоящее время в качестве формально устанавливаемого показателя потерь при обогащении считаются *технологические потери*. Утвержденного нормативного документа по определению, оценке и учету таких потерь не существует.

Вместе с тем экономическая значимость допускаемых потерь при обогащении выше, чем при добыче, прежде всего вследствие того, что в стоимость перерабатываемого мине-

рального сырья помимо природной ценности содержащихся в нем полезных компонентов входят затраты, обусловленные расходами на геологоразведку и добычу. Поэтому для обогатительного процесса введение указанных требований к допускаемым потерям подчас даже более важно, чем для процесса разработки месторождения, однако и сама проблема сложнее.

Неизбежность потерь при обогатительном переделе обуславливает необходимость их нормирования. За основу целесообразно принять отдельные процессы (а возможно, и операции), присущие принятой технологии обогащения (гравитация, сортировка по природной или наведенной активности, флотация и т. д.). Установление процессов и/или операций, подлежащих нормированию, зависит от степени их влияния на допускаемые потери. По аналогии с процессами добычи такие нормативы являются внутрипроизводственными и частными. В целом по обогатительному переделу следует вводить норматив извлечения полезного компонента или полезных компонентов за определенный период времени (месяц, квартал, год), выражаемый коэффициентом извлечения при обогащении:

$$K_{и.о.} = Q_{г.п.} / Q_{р.м.},$$

где $Q_{г.п.}$, $Q_{р.м.}$ – количество полезного компонента(-ов) соответственно в готовой продукции процесса обогащения и в поступившей на обогащение рудной массе, выраженное в единицах массы (г, кг, т) или объема ($м^3$).

При возможности и целесообразности в процессе обогащения выделяются отдельные переделы (дробление, флотация и пр.).

Норматив рассчитывается по отношению к минеральному сырью, поступающему на первичную переработку. Постоянные разногласия между горняками и обогатителями по поводу добытого ТПИ и поступившего на первичную переработку минерального сырья, равно как и между геологами и горняками по поводу различия качественных характеристик разведанных и извлекаемых запасов, трудно устранить, но могут регулироваться внутрипроизводственными актами.

При наличии в организационной структуре стадий добычи, обогащения и металлургического передела для последнего также

вводится норматив извлечения полезного компонента(-ов), выражаемый *коэффициентом извлечения при металлургическом переделе* как соотношение полученной готовой (товарной) продукции к поступившему на передел сырью (концентрату и др.).

Перечень вводимых технологических нормативов отражается в проекте, утверждаемом в установленном порядке. Контроль выполнения технологических нормативов возлагается на недропользователей, обогатителей и территориальные органы Ростехнадзора. Технологические нормативы входят самостоятельной частью в ТЭО и могут уточняться в процессе эксплуатации месторождения при наличии объективных обстоятельств, указываемых в инструктивных материалах и отражаемых в пояснительной записке к проекту.

Таким образом, к существующему в ТМУ разделу, посвященному учету показателей извлечения при добыче, должны быть введены разделы, касающиеся учета показателей извлечения при обогащении и металлургическом переделе (по отдельным видам ТПИ и в зависимости от организационно-административным форм функционирования компаний).

Произведение показателей извлечения при добыче, обогащении и металлургическом переделе дает *суммарный (синергетический) натуральный показатель технологической эффективности освоения месторождения (его части)*.

Считаем целесообразным выделить вопрос о контроле соблюдения технологических нормативов, полагая, что при увеличении технологических нормативов потерь против установленных значений на величину, превышающую порог достоверности определения исходных величин, применяются экономические и иные санкции, которые определяются и рассчитываются по отдельной методике, исходя из рентообразующих принципов и потенциальной ценности используемых георесурсов и других влияющих факторов, например экологических, социальных.

Кроме того, следует ввести платежи (санкции, штрафы) за *нарушение (превышение)* установленных в проекте и годовых планах горных работ сроков: погашения временно неактивных запасов (по действующей классификации); погашения запасов в целиках обще-

шахтного значения; погашения (и списания) отработанных выемочных единиц; консервации запасов (ресурсов); а также за превышение объемов извлекаемых запасов из лучших по качеству или условиям эксплуатации, принятых нормативами, или сроков их отработки по отношению к проектным (плановым) показателям; за порчу горного массива в районе, сопряженном с участками недр иных недропользователей; за несогласованные действия или за бездействия недропользователей при освоении участков недр на одном месторождении (залей, пластов и пр.), которые могут повлечь за собой порчу всего месторождения и/или нерациональную выемку запасов; неизвлечение (низкое извлечение) попутных компонентов, находящихся на государственном балансе; сокрытие в первичной геологической документации (керна, журналы, отчеты и пр.) обнаруженных попутных компонентов, представляющих промышленную ценность для других отраслей экономики (германий в углях и пр.); неиспользование откачиваемых подземных вод.

Таким образом, выполненное информационно-аналитическое обобщение современного состояния и тенденций корректировки действующих ТМУ в части определения и учета потерь позволяет сделать следующие выводы и предложения:

1. Полностью разделяем позицию авторов, считающих одним из основных факторов, влияющих на эффективность освоения месторождений ТПИ, полноту и качество их добычи и первичной переработки, выражаемых величиной количественных и качественных потерь (извлечением запасов из недр).

2. При классифицировании потерь при освоении месторождений ТПИ сохраняют свое основополагающее значение объективные классификационные признаки, приведенные в ТМУ: стадии технологического процесса, на которых произошли потери; места, где они образовались; состояние теряемого ТПИ.

Принцип причинности, имеющий объективную и субъективную природу, может быть использован в конфликтных ситуациях, например, при разрешении споров между контрольно-надзорными органами и недропользователями о допущенных сверхнорма-

тивных потерях либо при проведении анализов и экспертиз и в других случаях.

3. Предлагаемые в последние годы различными авторами поправки в действующую в ТМУ классификацию потерь ТПИ при их добыче, либо субъективны (потери в лицензионных участках), неконкретны (конструктивные потери), либо недопустимы (от неправильного ведения горных работ) и, как правило, содержат коррупциогенную составляющую.

4. Для общей оценки полноты и качества разработки месторождений ТПИ целесообразно пользоваться указанными в ТМУ коэффициентами извлечения из недр, при переработке и при металлургическом переделе, если товарный (реализуемый) продукт формируется после металлургической стадии.

Внутри горнодобывающего предприятия определять, учитывать и нормировать потери ТПИ и/или полезного компонента, исходя из принципа максимально возможной индивидуализации принимаемых показателей.

5. Анализ практики применения ТМУ за период до и после перестройки доказал, что их основополагающие методические подходы сохраняют свою научную и практическую значимость и ценность, если внести коррективы, обусловленные как многолетней практикой применения, так и новыми экономическими условиями, особенно в части установления нормативных показателей полноты и качества освоения месторождений ТПИ⁴.

6. Совершенствование методических подходов к определению и учету натуральных показателей полноты и качества разработки месторождений ТПИ предусматривает уточнение действующей классификации эксплуатационных потерь, основные отличительные особенности которой заключаются в следующем:

1) существующий класс «общешахтных потерь» исключить и перевести в группу «временно неразрабатываемых (неактивных) запасов», находящихся на балансе предприятия;

2) эксплуатационные потери подразделить на две группы с выделением в I группе четырех классов и в каждом классе – нескольких видов потерь: I класс – три вида потерь ТПИ у геологических нарушений; II – три вида потерь ТПИ в целиках; III – четыре вида потерь ТПИ в недоработанных участках и потери ТПИ в пожарных, затопленных и аварийных участках; а во

II группе деление потерь сохраняется в соответствии с ТМУ;

3) при определении эксплуатационных потерь выделяются *технологические нормативы*, учитывающие принятую технику и технологию ведения горных работ. При этом могут вводиться частные технологические нормативы по отдельным операциям (БВР, выпуск и т. д.). Технологические нормативы количественных потерь при добыче являются основой для оценки эффективности полноты извлечения полезного ископаемого из недр.

Наряду с количественными целесообразно ввести качественные потери, зачастую отождествляемые с разубоживанием, и сохранить имеющийся в ТМУ коэффициент изменения качества, расширив его конкретную трактовку.

Для уточнения понятия выемочной единицы принять в качестве одного из основных признаков ее однородности существующее деление месторождений на четыре категории по степени сложности геологических характеристик, т. е. принять четыре вида *геологической однородности*. Ее количественные значения определять отдельно по каждому месторождению (его части) с обязательным учетом так называемой *технико-технологической однородности*. На основе сочетания геологической и технологической однородности устанавливается ее окончательное числовое значение, исходя из принципа получения наибольшей достоверности получаемых результатов.

9. Ввести в «Книгу учета» ТМУ [1, с. 25] графу «Незавершенная выемка запасов». Отчетность по показателям полноты и качества извлечения запасов из недр производить не по плановым периодам, а по окончании срока отработки каждого ВЕ, погашению и списанию содержащихся в них запасах.

10. Разработать и принять новый нормативно-правовой акт (назовем его «Методическое руководство по определению и учету потерь твердых полезных ископаемых при их добыче»^{4, 5} (МРП ТПИ), используя исторический опыт создания и утверждения ТМУ.

11. На основе утвержденного Правительством РФ нового документа МРП ТПИ разрабатываются, согласовываются и принимаются по каждому горнодобывающему предприятию или их однородной совокупности «Типовые инструкции по определению и учету потерь ТПИ».

Примечания:

¹ Допустимая величина потерь у геологических нарушений определяется (с официальным уведомлением) по специально разработанной методике (инструкции), учитывающей природу и характер геологических нарушений (трещиноватость, крепость пород и минерального образования, склонность к самовозгоранию и выделению пылегазовых смесей и флюидов, наличие сбросов, надвигов, кливажа, обводненность, влагопроницаемость и другие объективные факторы, которые должны иметь количественную оценку в принятом доверительном интервале изменчивости).

² Порог «существенности» вводится в обязательном порядке в проектную документацию

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Типовые методические указания по определению, нормированию, учету и экономической оценке потерь твердых полезных ископаемых при их добыче : утв. Госгортехнадзором СССР 28.03.1972. – М. : Копировально-картографич. предпр. Всесоюз. геол. фонда, 1972. – 224 с.
2. Аленичев В. М., Аленичев В. М., Борисков Ф. Ф. Совершенствование классификации потерь полезных ископаемых применительно к современным условиям недропользования // Недропользование – XXI век. 2009. № 2. С. 36–40.
3. Трубецкой К. Н., Панфилов Е. И. Развитие методологии определения и учета потерь при освоении месторождений полезных ископаемых (в порядке обсуждения) // Рациональное освоение недр. 2016. № 1. С. 28–39.
4. Панфилов Е. И. Классификация потерь полезных ископаемых при разработке месторождений. – М. : Изд-во СФТГП ИФЗ АН СССР, 1969. – 20 с.
5. Панфилов Е. И. О развитии методологии определения и оценки полноты и качества разработки месторождений твердых полезных ископаемых (основные положения) // Рациональное освоение недр. 2010. № 2. С. 7–16.
6. Панфилов Е. И. О концептуальном подходе к проблеме рационального освоения месторождений твердых полезных ископаемых (экспертная оценка) // Маркшейдерия и недропользование. 2012. № 5 (61). С. 9–14.
7. Яковлев В. А., Аленичев В. М. Пути повышения эффективности освоения запасов на основе совершенствования методов нормирования потерь // Маркшейдерия и недропользование. 2015. № 2 (76). С. 24–28.
8. Аксенов С. А., Филиппов С. А. Рациональное освоение недр – основа концептуального подхода ЦКР-ТПИ Роснедр при рассмотрении и согласовании проектной документации на разработку ме-

и представляет собой совокупность количественных значений параметров, обосновывающих необходимость корректировки нормативов.

³ Поскольку деление ВЕ на четыре категории носит условный характер, допустимо их объединение.

⁴ Вопрос о нормировании показателей полноты и качества освоения месторождений ТПИ требует специального изучения, затрагивает широкий круг экологических, технико-технологических, экономических, социальных и правовых проблем.

⁵ Определение и учет показателей потерь (извлечения) полезных компонентов при первичной переработке (обогащении) требует специального рассмотрения.

сторождений ТПИ // Рациональное освоение недр. 2012. № 1. С. 20–29.

9. Панфилов Е. И. К вопросу нормирования потерь полезных ископаемых при их добыче // Маркшейдерский вестник. 2000. № 4 (34). С. 24–25.

10. Панфилов Е. И. Типовые методические указания по определению, нормированию, учету и экономической оценке потерь твердых полезных ископаемых при их добыче применительно к новым условиям хозяйствования // Маркшейдерия и недропользование. 2011. № 3 (53). С. 17–29.

11. Панфилов Е. И. О проекте «Методического руководства по определению, оценке, нормированию и учету показателей полноты и качества разработки месторождений твердых полезных ископаемых» (в порядке обсуждения) // Маркшейдерия и недропользование. 2013. № 1 (63). С. 3–9; № 2 (64). С. 30–36.

12. Горное законодательство России: вчера, сегодня, завтра / К. Н. Трубецкой, Г. Л. Краснянский, А. Н. Курский, Е. И. Панфилов. – М. : АГН, 2000. – 347 с.

13. Классификация и анализ потерь на обогатительных фабриках / Л. А. Барский, И. И. Макиенко, А. М. Околович, М. М. Сорокин // Физико-технические горные проблемы : сборник / АН СССР, Сектор физико-технических горных проблем ИФЗ. – М. : Наука, 1972. – С. 143–145.

14. Технико-экономическая оценка извлечения полезных ископаемых из недр / Под общ. ред. чл.-кор. АН СССР М. И. Агошкова; М. И. Агошков, В. И. Никаноров, Е. И. Панфилов [и др.]. – М. : Недра, 1974. – 312 с.

15. Технологические аспекты рационального недропользования: роль технологической оценки в развитии и управлении минеральносырьевой базы страны / Т. В. Башлыкова, Г. А. Пахомова, Б. С. Лагов [и др.]; под ред. Ю. С. Карабасова. – М. : МИСиС, 2005. – 576 с.

Панфилов Евгений Иванович, д-р техн. наук, проф., вед. науч. сотрудник ИПКОН РАН,
E-mail: panfilov-05@mail.ru

 **TOPCON**

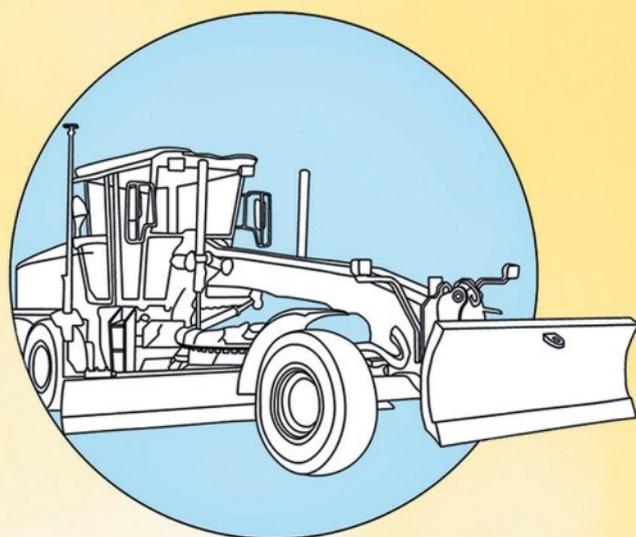
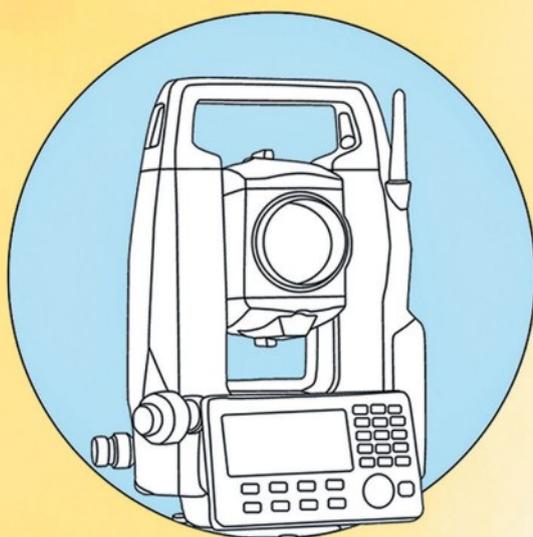
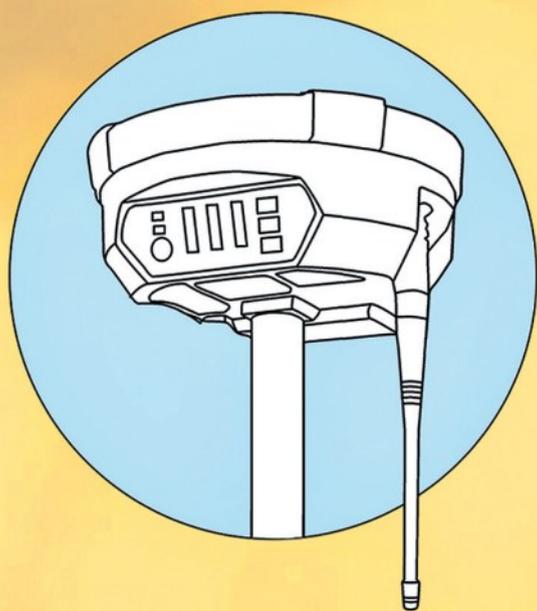
SOKKIA

VEGA
CONSTRUCTION INSTRUMENTS



ООО «Геодезические приборы»
г. Санкт-Петербург

Официальный представитель Topcon Sokkia
на Северо-Западе России



ООО «Геодезические приборы»
г. Санкт-Петербург,
ул. Большая Монетная, д. 16

(812) 363-43-23
(812) 363-19-46



www.geopribori.ru

РЕШЕНИЕ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ЗАДАЧ ВРЕМЕН Г. АГРИКОЛЫ СТАРИННЫМИ ЛИНЕЙНО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ ИНСТРУМЕНТАМИ

В статье рассмотрено развитие линейно-измерительных инструментов, основные конструкции хранимых в музеях мерных цепей, мерных лент и рулеток, а также их возможное применение в решении маркшейдерских задач, приводимых в трудах Г. Агриколы (1494–1555 гг.).

Ключевые слова: мерные цепи; мерные ленты; складные меры; линейные измерения; маркшейдерские задачи; Агрикола.

L. S. Nazarov, T. V. Ilyushina

THE SOLUTION OF SURVEYING TASKS G. AGRICOLA'S TIMES WITH HELP ANCIENT LINEAR MEASURING INSTRUMENTS

The article describes the development of linear measurement tools, the key stored in the museums of the design of the measuring chains, measuring tapes and tape measures and their possible application in the solution of surveying tasks, presented in the works of G. Agricola (1494–1555 years).

Key words: measuring chain; measuring tape; folding steps; linear measurements; surveying tasks; Agricola.

Когда студенты, будущие геодезисты и маркшейдеры, знакомятся со старинными линейно-измерительными инструментами, то зачастую выражают сомнение в возможности решать практические задачи такими «примитивными» инструментами. В настоящей статье показано, как, используя только механические линейно-измерительные инструменты (мерные шнуры, цепи, ленты, «складени»), без применения угломерных инструментов можно было решить почти все маркшейдерские, геодезические и межевые задачи: перенос границ земельных (рудничных) отводов с поверхности в горные выработки и наоборот, сбойки штолен с вентиляционным стволом и пр.

В Российской Империи всегда был актуален вопрос становления горнодобывающей промышленности, формирование собственной экономики и внедрения наукоемких технологий, приспособленных под местные условия. Данные геодезической и рудничной съемки служили основой для учета энергоносителей – как лесов, так и недр (углей, нефти, оценки запасов руд и химического сырья), составления проектов добычи, рекультивации нарушенных земель, организации кадастра

полезных ископаемых [1]. Состояние горного дела в конце XV – начале XVI в. в Европе описали Георг Агрикола (1556 г.) и Лазарус Эрккерфон Шрекенфельс (1574 г.). В 1763 г. М. В. Ломоносов (1711–1765 гг.) издал свое сочинение «Первые основания металлургии или рудных дел», где в главе «О измерении рудников» была представлена первая техническая инструкция по производству маркшейдерских работ и фактически разработан общий метод маркшейдерских съемок, обеспечивающий успешное решение многих практических задач. Им были описаны подвесная буссоль и висячий полукруг, которые вплоть до середины XIX в. стали основными маркшейдерскими приборами и продолжали выпускаться и во второй половине XX в. [3].

В. А. Гордеев, исследуя маркшейдерское искусство Средневековья, отмечает: «Основными инструментами маркшейдера были набор длинных (до 200 м) шнуров (Bergschnur, Meßschnur) из липового лыка для геометрических построений и линейных измерений, короткие (1–2 м) деревянные рейки (жезлы) для измерения длин шнуров, угломер (Winkelmaß, Winkelmesser – транспортир или



Рис. 1. Иллюстрация из книги Г. Агриколы с задачей вентиляционной сбойки

квадрант с отвесом) для измерений и построений углов и компас (Комраß) для измерения направления линии» [2].

Мерные шнуры (веревки, «верви»)

Маркшейдерские задачи получили научное решение в книге Георга Агриколы «О горном деле и металлургии» [4], где, например, показана проходка вертикального ствола и горизонтальной штольни, которые должны были соединиться.

В. А. Гордеев отмечает типичность подобных задач: «При горизонтальном залегании пологого тела вскрытие производилось штольной с расширением ее в рудной зоне. Вертикальные шахты носили вспомогательный характер и служили преимущественно для вентиляции и подъема. Месторождения, состоящие из нескольких рудных тел, вскрывались при помощи шахты с радиальной системой выемок и сохранением промежуточных целиков. Сечение шахт – прямоугольное 3–4,5 м, глубина до 145 м» [2].

На рис. 1 [4, с. 61] мы видим решение маркшейдерской задачи, которое не требует применения угломерных приборов, т. е. решается только с помощью линейно-измерительных инструментов (мерных веревок, впоследствии преобразованных в мерные ленты и рулетки).

Мерных веревок («вервей», шнуров) в профильных маркшейдерско-геодезических музеях практически не встретишь, хотя представление об их устройстве достаточно распространено. Интересно, что устройство мерной веревки («верви») не претерпело особых изменений с античных времен и до середины XX в. (рис. 2). Также как мерный шнур с узелками или иными отметками через некие меры (сажени, ярды, лахтеры) называют прообразом рулетки: «применяют шнур из липового лыка, к которому прикрепляют полоски бумаги, обозначающие число лахтеров» [4, с. 71].

У Агриколы говорится и о материале, из которого изготавливались мерные веревки: «Маркшейдеры, работающие по этому способу, как и те, о которых говорилось выше, пользуются пеньковыми шнурами. Однако они часто сравнивают их со шнурами из липового лыка, так как последние совершенно не вытягиваются, а пеньковые шнуры, наоборот, вытягиваются очень сильно» [4, с. 66].



Рис. 2. Слева: мерный шнур (также использовался как разметочный шнур и отвес) Древнего Египта [5]. Справа: демонстрационная катушка с веревкой Политехнического музея, приобретенная на рынке старой хозяйственной утвари

Вернемся к задаче Агриколы в книге [4]. Здесь показана проходка вертикального ствола и горизонтальной штольни, которые должны были соединяться, и хозяину рудника необходимо было знать, сколько еще надо вести ту или иную выработку. Для решения этой задачи маркшейдер без всяких приборов применял такой простейший прием. Над шахтным стволом устанавливались два вертикальных столба с развилками на концах так, чтобы на них можно было уложить поперечный горизонтальный брус. К этому брусу привязывали первый шнур, к противоположному концу которого прикрепляли груз и опускали его в ствол. Второй шнур, закрепленный на брусе у верхнего конца первого шнура, протягивали по склону горы до устья штольни и закрепляли его конец на почве. Затем маркшейдер опускал в ствол третий шнур с грузом на конце, также закрепленный на поперечном брусе поблизости от первого шнура, но так, чтобы он пересекал второй наклонный шнур.

Таким образом, получались два подобных прямоугольных треугольника: один – малый над стволом, в котором можно замерять все три стороны, а другой – большой с неизвестной одной стороной: либо длиной штольни, если она пройдена до отметки ствола, либо глубиной ствола, если он пройден до отметки штольни. Длину наклонного второго шнура маркшейдер также замерял, а затем находил неизвестную сторону треугольника (длину выработки) по принципу: во сколько раз сторона малого треугольника меньше известной стороны большого треугольника, во столько раз сторона малого треугольника меньше неизвестной стороны большого треугольника [4].

На следующих трех страницах [4, с. 62–64] Агрикола подробно рассматривает, как решать маркшейдерские задачи построением треугольников без применения угломерных инструментов (тремя шнурами) и лишь потом [4, с. 65] говорит об использовании навощенного градуированного круга (по сути, лимба) опять же для постройки (переноса) подземных измерений на поверхность.

Складные линейки («складени»)

Для измерения малого (пропорционального) треугольника над стволом и других задач (например, замер уклона кровли или подошвы выработки) маркшейдеру требовалась жесткая точная линейка, желательно больших размеров, но удобная в транспортировке, т. е. складная.

«Складени» не были большими, их размеры колеблются около локтя, сейчас используются складные метры. В музее маркшейдерского дела (ММД) [6], Политехническом музее хранятся складные сажени, реже двухфутовые «складени» (рис. 3).

Мерные цепи

Изготовить десятисаженную складную линейку не представлялось возможным и мерная цепь – это наглядное решение инженерной задачи получения более жесткого, чем шнур, но более гибкого, чем складная линейка длинномерного инструмента.

Мерные шнуры (веревки), несмотря на их гибкость, компактность при хранении, большую универсальность в применении, имели существенный недостаток – быстро исти-



Рис. 3. Слева: конструкция деревянных складных линеек аршинной (слева сверху) и двухфутовой (слева снизу, пр-во Д.Рабона, Англия) практически одинакова (музей ММД).

Справа: современный складной метр

рались, намокали, вытягивались и рвались. Железные мерные цепи служили гораздо дольше. Конструкция мерных цепей также претерпевала постепенное развитие: цепи становились точнее, легче, удобнее в применении.

Мерная цепь была предложена в начале XVII столетия профессором астрономии университета Э. Гунтером [7]. Развитие конструкции мерной цепи можно проследить на примере следующих сохранившихся в музеях Москвы цепей:

1. Грубо кованная землемерная цепь с концевыми ручками, шесть звеньев неравной длины в сажени (саженный участок кузнец изготавливал из 5 стержней длиной около полуаршина с добавлением последнего звена длиной в остаток до сажени), звенья соединены одним кольцом, железные бирки одной формы с нечитаемыми цифрами (рис. 4.) (грубая конструкция, неравные звенья, бирки одной формы говорят о наиболее раннем изготовлении – XVIII в.).

2. Пять мерных цепей из музея КМИ (МИИГАиК) (рис. 5) иллюстрируют разнообразие и прогресс в, казалось бы, простой конструкции цепи:

а) десятисаженная с концевыми кольцами, *шестидесятизвенная* (первая снизу на рис. 5.): шесть полуаршинных звеньев в сажени, звенья соединены одним кольцом, саженные бляхи разной формы с цифрами (русские меры и простое устройство говорят о наиболее раннем среди цепей музея КМИ изготовлении – начало XIX в.);

б) десятисаженная с концевыми кольцами, *стозвенная* (рис. 5, вторая снизу): десять

звеньев в сажени, звенья длиной в 0,1 сажени соединены одним кольцом, саженные бляхи разной формы (те же русские меры и более сложное устройство – большее количество соединений – начало XIX в.);

в) пятидесятифутовая с концевыми кольцами, *пятидесятизвенная* (рис. 5, третья снизу): каждые десять футов отмечены большим кольцом, звенья соединены одним кольцом (каждые два фута) в чередовании с кольцом, свернутым в восьмерку (возможно зарубежное происхождение, кольца вместо бирок говорят о возможном раннем возрасте, а конструкция с чередованием двухфутовых отметок уже относится к более усложненным – вероятно, первая половина XIX в.);

г) десятисаженная с концевыми кольцами, *семидесятизвенная* (рис. 5, четвертая снизу): семь футовых звеньев в сажени, звенья соединены одним кольцом, саженные бляхи разной формы с цифрами (внедрение английских мер и приравнивание 7 футов к сажени уже узаконено и распространено, вероятно, середина XIX в.).

д) десятисаженная с концевыми ручками (рис. 5, первая сверху), *стозвенная* («сотенная»): по десять звеньев в сажени, соединенных двумя кольцами, что дает повышенную гибкость и удобство в складывании и в работе, с саженными бляхами-бирками разной формы и с неравным количеством зубцов, наиболее удобная конструкция, вероятно, конец XIX – начало XX вв. (рис. 6).

3. Пятидесятизвенная мерная цепь из тонкой проволоки с облегченными масс-габаритными характеристиками. Западная Европа, 1910–1920-е гг. (рис. 7).



Рис.4. Цепь землемерная, Россия, конец XVIII в. (Политехнический музей)



Рис. 5. Цепи мерные (музей КМИ (МИИГАиК))

В итоге обычная мерная цепь конца XIX – начала XX вв. состояла из семидесяти (футовых) или ста (в 0,1 сажень) стальных звеньев, где через каждые семь звеньев (т. е. через каждую сажень) были прикреплены медные бляхи с выбитыми на них цифрами. Кроме того, бляхи имели разную форму, отличаясь друг от друга количеством зубцов, причем «средняя же бляха имеет круглую форму без зубцов» [8], при этом половина блях имела просечку, половина – нет, таким образом, можно было сразу различить бляхи со стертыми номерами даже в темноте, на ощупь (рис. 8).

Таким образом, сажени и футы отсчитывались по бляхам и по числу отдельных звеньев. У опытных мерщиков ошибки измерений были не велики, например, для ровного луга они составляли не более $\pm 0,001$ измеренной линии. На основании общей теории случайных ошибок относительная погрешность измерения уменьшалась с увеличением длины линии. На местности кочковатой и болотистой ошибка измерений могла достигать $\pm 0,005$ длины измеренной линии [9].

Измерение цепью проводилось следующим образом: два человека с цепными кольями, продетыми в крайние кольца (рис. 9), вытягивают цепь по измеряемой предварительно провешенной линии, наблюдая, чтобы звенья не были запутаны. Передний несет 6 или 11 цепных шпилек (рис. 8), задний устанавливает свой кол на начало измеряемой линии.

После вытягивания цепи и ее встряхивания «могут получиться неверные результаты вследствие небрежного измерения, т. е. когда цепь не встряхивалась» [8], передний ставит свой кол как можно более отвесно и, придерживая его рукой, отступает полшага в сторону,



Рис. 6. Мерная цепь, десятисаженная, стозвенная (музей КМИ (МИИГАиК))



Рис. 7. Мерная цепь, пятидесятизвенная. Западная Европа, нач. XX в. (музей ЗАО «Геостройизыскания»)

позволяя заднему проверить, находится ли поставленный кол на провешенной линии. Убедившись в правильности направления, задний дает сигнал, и передний, сняв цепь, втыкает свою шпильку рядом с колом, после чего дает сигнал к движению. Задний рабочий, дойдя до шпильки, дает сигнал остановки и, не вынимая шпильки, втыкает свой кол точно в лунку, оставленную цепным колом переднего. И только после очередного сигнала к движе-

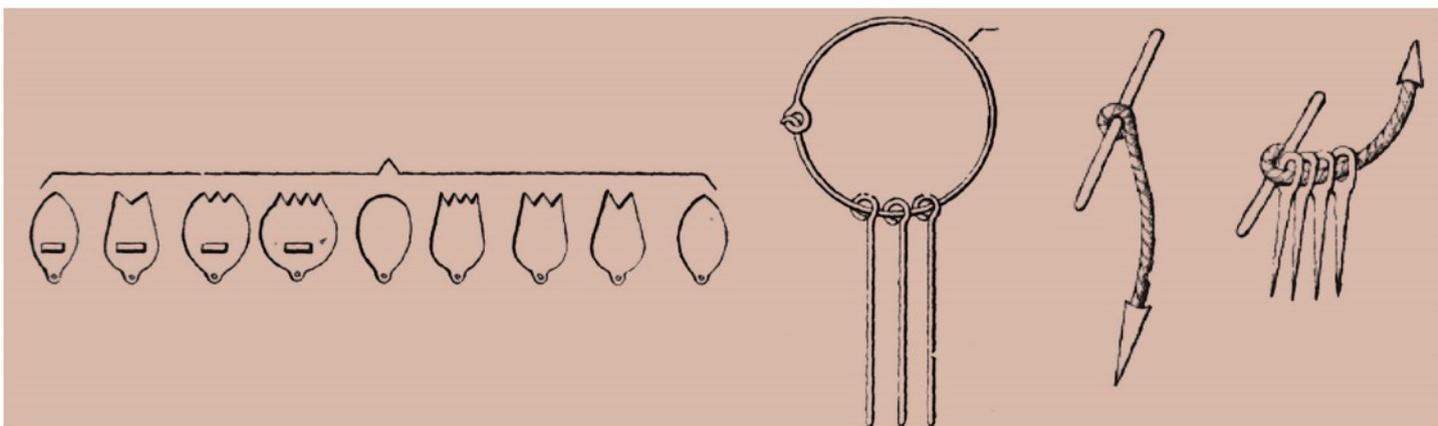


Рис. 8. Внешний вид зубцов на бляхах мерной цепи и цепные шпильки, носимые на кольце и на специальной веревке

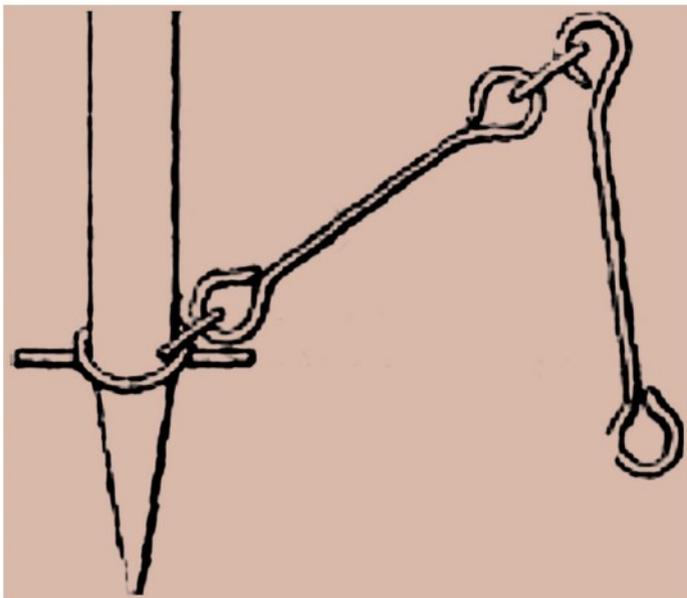


Рис. 9. Цепь, крайнее кольцо которой одето на специальный цепной кол

нию задний рабочий забирает шпильку. Когда передний рабочий поставит последнюю шпильку, это означает, что измерено 50 или 100 сажень, он забивает на место шпильки маленький колышек, а задний рабочий передает переднему все собранные шпильки. Иногда вместо колышка вырывали небольшую ямку или проводили красную линию на камне.

Н. А. Богуславский отмечает [8], что часто при измерении вкрадывается грубая ошибка – ставят отметку на одну цепь короче или длиннее (т. е. на 10 сажень), тогда эти отметки облегчают поверку линии – поверяется только участок между колышками или ямками. При неровности рельефа приходилось приподнимать концы цепи, чтобы провис был минимальный и как можно ближе к горизонтальной линии. Интересно примечание автора: «Если надо измерить точнее, то при цепи имеют не двух рабочих, а четырех, двое находятся у цепи, а двое у шпилек; на этих последних должна ле-

жать обязанность верно ставить шпильки и вести им счет. За этими четырьмя рабочими должен постоянно наблюдать особый техник, чтобы измерение делалось верно, так как рабочие всегда считают неважным неточность измерения, а от их внимательности и аккуратности зависит необходимая верность и точность измерения» [8]. Вот такой контроль за контролем: для снижения «человеческого фактора» вместо двух лиц задействуются пять, два из которых измеряют, два считают шпильки до 10 и один постоянно наблюдает.

Поверяли цепь деревянным брусом-эталоном саженьной длины, последовательно вытягивая между кольями каждую сажень. При обнаружении ошибки неверный фрагмент тут же исправляли заменой звена большей или меньшей длины, а в уже проведенные измерения, в которых участвовала неверная сажень, вносили соответствующую поправку.

Для исправления цепи применяли специальный инструмент (рис. 10).

Исправление цепи производилось довольно просто: при превышении длины немного сгибали кольцо любого звена в неверной сажени, причем заведомо чуть больше этого превышения. Таким образом, исправляемый саженный отрезок становился чуть меньше бруса-эталона. Тогда брали исправительный инструмент (по сути, натяжитель) и вращением микрометрических винтов вытягивали весь саженный участок точно вровень эталону. «Сажень, которым поверяется цепь, совершенно точным быть не может и для его длины тоже можно допустить некоторую ошибку. За такую ошибку можно принять тысячную сажени, т. е. мерный сажень может быть больше или меньше на 0,001 сажени» [8]. То есть точность по-



Рис. 10. Инструмент для исправления цепи с возможностью регулировки длины

верки и исправления составляла $\pm 2,1$ мм на сажень или 2,13 см на 10-саженную цепь.

Мерные цепи имеют существенный недостаток – всегда остается остаток, который приходится измерять либо «складенем», либо мерной лентой, рулеткой.

Мерные стальные ленты

По сравнению с цепью мерная стальная лента имела дополнительно несколько преимуществ: во-первых, она была легче, а во-вторых, не вытягивалась, меньше провисала при измерениях через ямы и канавы и потому, как показывал опыт, давала более точные результаты. Относительная ошибка измерений не превосходила $\pm 0,0005$ длины. Зато лента была не так прочна, как мерная цепь и в слу-

чае разрыва не могла быть исправлена местными средствами.

Рассмотрим несколько конструкций стальных мерных лент.

1. На рис. 11 представлены две стальные мерные ленты на деревянной крестовине, с «Т-образными» ручками, имеющими с торца специальный желобок в половину толщины шпильки. Для удобства пользования с одной стороны ленты – номера саженей (метров) на пластинках возрастают в одну сторону, а с другой – в другую. Полуметры отмечены на лентах заклепками, а дециметры – отверстиями диаметром 3–4 мм.

2. На рис. 12 представлены стальные ленты, которые при перевозках и хранении вместо деревянной крестовины наматываются на специальное кольцо с тремя вилками-



Рис. 11. Слева: десятисаженная мерная лента, с двумя отремонтированными, заклепанными участками. Франция, фирма «Jourdain», 1874 (музей КМИ (МИИГАуК)). Справа: 10-метровая, США, Бостон, фирма «Full & Full», конец XIX в. (музей ЗАО «Геостройизыскания»)



Рис. 12. Слева: десятисаженная мерная лента с конечными латунными кольцами, Австрия, Вена, фирма «Rost», конец XIX – нач. XX вв. (музей КМИ (МИИГАуК)). Справа: 20-метровая лента. СССР, 1920-е гг. (Политехнический музей)

держателями, со специальным изогнутым углублением для помещения ручки (или кольца) внутри спирали ленты.

3. На рис. 13 представлены наиболее сложная конструкция переносной бобины мерной ленты, снабженная ручкой для сматывания, стопорным механизмом и трещоткой. Такие основательные конструкции уже использовались для очень длинных лент (до 100 м), позволяющих делать глубокие замеры вертикальных стволов шахт.

Мерные ленты на бобинах и в корпусе, несъемные (рулетки)

Если в предыдущих случаях мы имели дело с мерными лентами, которые спирально сворачивались при транспортировке и

хранении на крестовине или бобине, то к рулеткам мы относим также мерные ленты, конструкция которых предусматривает постоянное крепление ленты к бобине, рамке, крестовине, снабженной ручкой (без возможности отделения измерительного полотна).

4. На рис. 14 представлена 100-футовая (около 30 м) лента, уже несъемная, в компактном варианте, шириной в 6 мм, без отверстий для шпилек, на латунной бобине с ручкой для сматывания. Легкий, носимый вариант, но имеет специальные ушки для крепления на ремне и на станине.

5. Стальные несъемные ленты (рулетки) на латунной раме с деревянной рукоятью и откидной ручкой сматывания, ленты 1920-х гг. и 1960-х гг. конструктивно почти не отличаются (рис. 15).



Рис. 13. Слева: десятисаженная мерная лента на полустационарной бобине, полусажени отмечены кружком, сажени нечетные ромбом, четные квадратом, центральная – прямоугольником с цифрой «5», Германия, «Gamke in Glogau», начало XX в. (музей КМИ (МИИГАиК)). Справа: 26-метровая стальная лента, в отличие от предыдущих шириной в 6 мм и без отверстий для шпилек. Германия, Hildebrand, 1920–1930-е гг. (музей ЗАО «Геостройизыскания»)

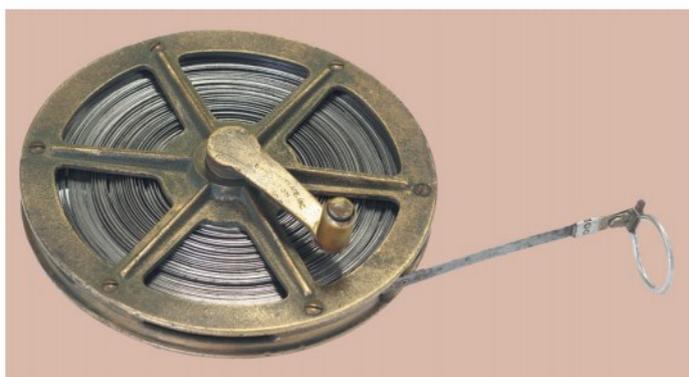


Рис. 14. Лента мерная (рулетка) стальная 100-футовая, США (изготовление: лента – Нью-Йорк, Keuffell & Esser Co, корпус – Бостон, V.L. Makepeace INC) 1913–1915 гг. (музей ЗАО «Геостройизыскания»)

На рис. 16 наиболее – популярный и удобный вариант для второй половины XX в. Отметим наличие удобной ручки, фиксатора ленты, поджимной пружины, откидной стальной ручки сматывания ленты на бобину и концевое треугольное кольцо для фиксации ленты на шпильке.

Описанные выше мерные ленты приведены на рис. 17 и в целом хорошо описаны в учебнике для техникумов 1985 г. [9, С. 77–78].

Для измерения небольших расстояний пользовались мерной тесьмой, представляющей собой холщевую полосу десяти



Рис. 15. Слева: стальная мерная лента, 30-метровая, Польша, Варшава, Г. Герлях, 1920-е гг. (Политехнический музей). Справа: стальная мерная лента (рулетка) РГД-30 (30-метровая), СССР, Таганрог, завод Измерительных приборов, 1960 г. (ММД)



Рис. 16. Слева: лента мерная стальная РГД-20, СССР, Таганрог, завод Измерительных приборов, 1959 г. (ММД). Справа: современная рулетка FISCO PR100/5, 100-метровая с миллиметровой разметкой по всей длине, заостренным наконечником фиксации на реперной точке, Великобритания

саженной длины, разделенную не только на сажени и футы (даже не дюймы или еще более мелкие части, позднее в метрической системе дециметры делились на сантиметры, а потом и на миллиметры). Тесьма хранилась в кожаном футляре с вращающейся в его центре осью, снабженную складной рукояткой (рис. 18). По легкости и удобству пользования она превосходила даже мерную ленту, но при этом вытягивалась и быстро рвалась, а для измерений линий на открытой местности часто вообще не годилась. Ошибка измерений составляла около $\pm 0,0005$ измеренной длины.

А вот роль «складеней» все чаще стали выполнять саженные (рис. 19), а позднее – метровые рулетки.

Однако преимущество жестких складных мер (складных аршинов, позднее складных метров, деревянных, стальных, современных пластиковых) было очевидным: ленту приходилось прикладывать и натягивать двумя руками, жесткий складень во многих случаях оказывался предпочтительнее,

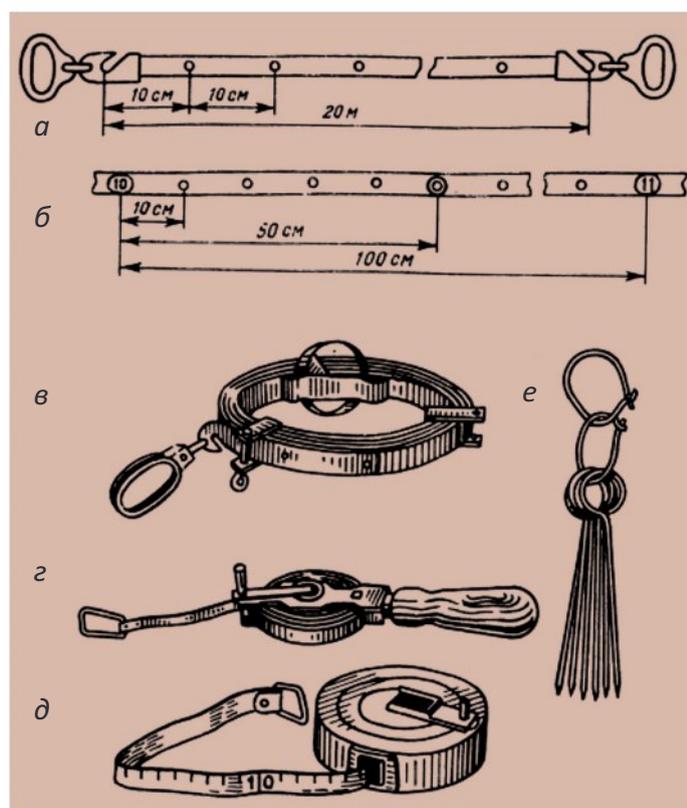


Рис. 17. Мерные ленты: а – мерная лента; б – устройство полотна ленты; в – кольцо ленты; г – шпильки; д – стальная рулетка; е – тесьмяная рулетка



Рис. 18. Рулетка 10-метровая в кожаном футляре, 1920-е гг., СССР, Москва, Гострест «Техноткань» (Политехнический музей)

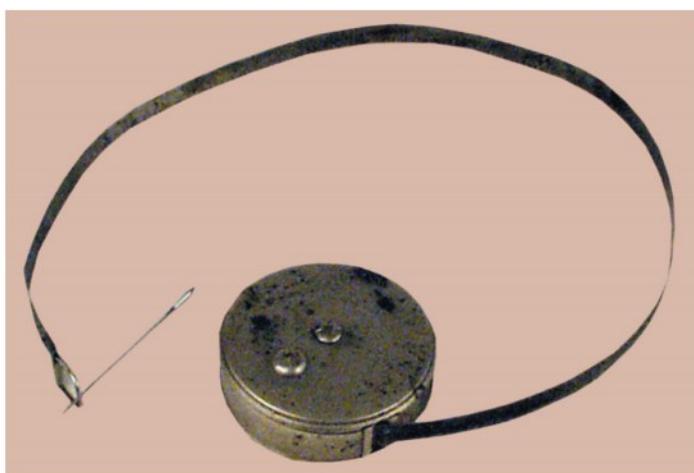


Рис. 19. Рулетка со стальной лентой на 1 сажень, двухсторонняя (на одной стороне ленты – шкала в вершках, на другой – в сотых долях сажени), Российская империя, Царство Польское, г. Варшава, Г. Герлях, 1891–1910 гг. (Политехнический музей)



Рис. 20. Современная строительная рулетка с нейлоновым покрытием фирмы Stayer, Германия

в частности, для замера высоты кровли выработки. Решение парадоксальной задачи, как сделать мерную ленту жесткой при измерениях и гибкой в транспортном положении, мы можем видеть в современных строительных металлических рулетках (рис. 20) с выгнутым полотном, обеспечивающим необходимую жесткость даже при вертикальных измерениях снизу на высоту 3–5 м. При этом ленты снабжены стопором-фиксатором, пружинным возвратным устройством автоматического сматывания ленты, удобным пружинным зажимом для ношения на поясе. Сейчас эргономичный прочный пластиковый корпус обрезают для защиты инструмента при падениях, сама измерительная лента часто имеет нейлоновое покрытие, стойкость которого к истиранию и изгибу в разы превышает аналогичный показатель обычного крашеного полотна.

Рассмотрев развитие конструкций линейно-измерительных инструментов, вернемся к маркшейдерским задачам Средневековья и попытаемся определить наклон подошвы горной выработки, используя только старинные линейные инструменты. Рис. 21 дает представление о способе решения этой задачи: используя мерный шнур длиной в 12 аршин с «пифагоровским» соотношением 3:4:5, нам требуется лишь измерить «складенем» высоту h прямоугольного треугольника с катетом, выставленным по отвесу, чтобы получить соотношение h / L (уклоны в «три вершка на десять сажений» или «двадцать сантиметров на десять метров»).

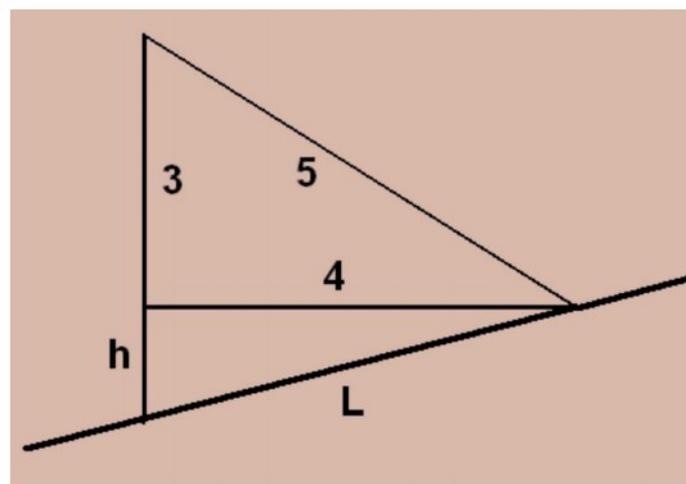


Рис. 21. Схема определения уклона подошвы горной выработки 12-частным (с «пифагоровым» соотношением 3:4:5) мерным шнуром, отвесом и «складенем»

Маркшейдеры и геодезисты нынешнего и прошлого поколений, имеющие опыт работы с современными приборами и инструментами и знакомящиеся с результатами работ, а также методами их ведения, часто поражаются разумности применения и красоте внешне «простых и очевидных» геометрических решений без применения особо точного оборудования и компьютерного моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Илюшина Т. В.* Кадастр природных ресурсов России. Очерки истории (X – начало XX вв.) // Palmarium academic publishing. AV Akademikerverlag GmbH & Co. KG Saarbrücken, Germany 2012. – 315 с.
2. *Гордеев В. А.* Маркшейдерское искусство Средневековья. Часть 1. Зарождение маркшейдерского искусства // Маркшейдерский вестник. – 2015. № 1. С. 20–23.
3. *Илюшина Т. В., Назаров Л. С.* Из истории рудничной горной геодезии в России (XIX – начало XX в.) // Геодезия и Аэрофотосъемка. – 2016. № 3. С. 53–60.
4. *Агрикола Г.* О горном деле и металлургии в двенадцати книгах (главах) // Под. ред. С. В. Шухардина. 2-е изд. М.: Недра, 1986. – 294 с.
5. *Dieter Arnold.* Building in Egypt; Pharaonic Stone Masonry (New York and Oxford 1991). Эл.ресурс <http://hbar.phys.msu.ru/gorm/ahist/arnold/arnold.htm>.
6. Музей маркшейдерского дела. Маркшейдерское дело. Введение в специальность / Авт. сост. Л. С. Назаров, под ред. В. В. Грицкова. – М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2015. – 344 с.
7. *Луповка В. А., Луповка Т. К.* Мерные цепи // «Памятники науки и техники в музеях России», Выпуск 4, Политехнический музей, ИЕЕТ РАН, М.: «Наука», 2005. – 202 с.
8. *Богуславский Н. А.* Курс геодезии и приложение ее к изысканиям путей сообщения. СПб, тип. Ю. Н. Эрлиха, 1914. – 594 с.
9. *Илюшина Т. В.* От буссоли до астролябии // Наука в России. – 2007. № 3. С. 98–102.
10. *Федоров Б. Д., Коробченко Ю. В.* Основы геодезии и маркшейдерского дела: Учебник для техникумов // 4-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1985. – 255 с.

Назаров Леонид Семенович, стар. науч. сотрудник, E-mail: nazarovle@yandex.ru;
Илюшина Татьяна Владимировна, д-р геогр. наук, E-mail: tilyushina@yandex.ru
 (Политехнический музей, Московский государственный университет геодезии и картографии, г. Москва)

БЛАГОДАРНОСТЬ НИКОЛАЮ ИВАНОВИЧУ СКОРОБОГАТСКОМУ



Музей маркшейдерского дела (ММД) благодарит дарителя, Почетного члена СМР, Николая Ивановича Скоробогатского, в прошлом главного маркшейдера рудника, шахты, заместителя главного маркшейдера ПО «Ростовуголь», начальника отдела по надзору за охраной недр Южного Федерального округа Ростехнадзора, а ныне пенсионера за бескорыстную помощь в комплектовании и пополнении музейного фонда. Им были переданы в дар теодолиты The0-020 производства ГДР, отечественный 2Т-30, которые были самыми массовыми и удобными при работе в шахте в 1970–90 гг., а также нивелиры разных конструкций (прецизионный, с лимбом, с компенсатором) типов НА-1, Н-3, 2Н-10Л, 2Н-3Л, редкая портативная пишущая машина для производства надписей на планшетах и различных планах, линейка Дробышева, готовальня, счеты.

Вместе с инструментами Н. И. Скоробогатский передал в дар ММД ценные литературные экспонаты: «Курс низшей геодезии» Ф. Мейена, 1864 г. и С. М. Соловьева, 1914 г., а также литературу по охране сооружений от вредного влияния подземных горных разработок, среди которой три книги с уникальными автографами проф. Медянцева А. Н. и канд. техн. наук Варлашкина В. М. Особый интерес представляют «Правила охраны сооружений от вредного влияния горных разработок в Донецком бассейне», 1939 г. и 1960 г.

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛА «*i*» НИВЕЛИРА И ЕГО ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

*Приведена методика высокоточного геометрического нивелирования без соблюдения равенства плеч. Показано, как на каждой станции определять, контролировать и учитывать влияние угла «*i*» нивелира. Для оперативного выявления колебания угла «*i*» предложен рекуррентный алгоритм с критерием Граббса–Смирнова.*

Ключевые слова: высокоточное геометрическое нивелирование; определение угла «*i*»; рекуррентное уравнение; критерий отбраковки Граббса–Смирнова.

A. V. Zubov, V. G. Potyukhlyayev

UNIVERSAL METHOD OF DETERMINING THE ANGLE «*i*» OF LEVEL AND ITS PRACTICAL USE

*Given is the technique of high-precision geometric leveling without observance of equality of the shoulders. It is shown, how at each station to identify, control and to consider the influence of the angle «*i*» of the level. For the rapid detection of the oscillation of the angle «*i*», a recursive algorithm with the Grubbs-Smirnov criterion is proposed.*

Keywords: high-precision geometric leveling; determination of the angle «*i*»; recursive adjustment; rejection criteria of Grubbs–Smirnov.

Геометрическое нивелирование продолжает оставаться самым популярным методом при определении превышений с большой точностью (доступным, экономичным, точным). При нивелировании горизонтальным визирным лучом стремятся минимизировать влияние угла «*i*» прибора, выравнивая плечи.



А. В. Zubov

Сам угол «*i*» независимо от класса точности согласно инструкции по нивелированию [2] должен быть не более 10". Добиваются этого или механическим путем (перемещение сетки нитей, наклон оси цилиндрического уровня), или электронным (программным) для цифровых нивелиров. Основная поверка нивелира должна выполняться ежедневно перед работой.

Общий подход (алгоритм) при определении угла «*i*», как для способов, указанных в Инструкции [2], так и в руководствах к цифровым нивелирам (способы Форстнера, Нобауэра, Куккамаки и др.) [6], заключается в измерении превышений с двух разных станций



В. Г. Potyukhlyayev

и при различных разностях плеч.

Каждый из способов имеет свои недостатки, например, одни из них не совсем строгие, другие требуют довольно точной разметки схемы проведения поверки.

Общая для всех способов (строгая) схема следующая. Каждое превышение измеряют дважды (h_I и h_{II}) с произвольных станций без соблюдения равенства плеч. Угол «*i*» определяют по единой строгой формуле:

$$i'' = -c'' \frac{h_I - h_{II}}{\Delta D_I - \Delta D_{II}},$$

где ΔD_I и ΔD_{II} – разности плеч на станциях I и II.

На точность определения угла «*i*» в первую очередь влияет ошибка измерения превышения m_h :

$$m_i = \frac{\sqrt{2} c'' m_h}{\Delta D_I - \Delta D_{II}}.$$

Так при $m_n = 0,2$ мм и $\Delta D_l - \Delta D_r = 20$ м, погрешность определения угла « i » будет составлять $m_i = 2,8''$. Чем больше различие в расстояниях плеч $\Delta D_l - \Delta D_r$, тем точнее будет определяться угол « i ».

При наблюдениях на каждой станции, полученный угол можно учесть (вычислить исправленное превышение h):

$$h = h_l + \frac{i'' \Delta D_l}{c''} = h_r + \frac{i'' \Delta D_r}{c''}.$$

Несмотря на то, что главное условие нивелира поверяют ежедневно [2], угол « i » по различным причинам может измениться в течение дня.

Идея контролировать изменение угла « i » в процессе работы и учитывать это изменение, повышая тем самым точность нивелирования, появилась давно. Так один из способов передачи отметки через препятствия шириной 150–400 м, приведенный в [4], заключается в определении одновременно на двух берегах угла « i » для обоих нивелиров (рис. 1).

Предварительно на одном берегу с высокой точностью определяют превышение между марками, измеренное из середины. При передаче отметки на другой берег нивелиры устанавливают одновременно на разных берегах в точках 1 и 2, далее берут отсчеты сначала по ближним рейкам, установленным на марках a_1, b_1 того же берега, а затем – по дальним a_2, b_2 .

Зная превышение из середины между марками одного берега, легко определить угол « i » и ввести соответствующую поправку в превышение на другой берег. В работе [4] доказано, что при ширине реки 400 м и погрешности определения угла « i » $m_i = 1''$ превышения будут содержать погрешность 1,5 мм.

В работе [1] при наблюдениях за осадками сооружений для повышения точности и получения контроля наблюдений каждую марку, не вошедшую в основной ход, предлагалось наблюдать с двух разных станций, а расстояние до нее измерять по дальномерным нитям.

Превышения на каждую марку будут содержать погрешности. Считая угол « i » величиной постоянной, предлагалось его определять (уравнивать) через эти разности превышений.

Так как при наблюдениях за осадками нивелирование чаще всего производят в одном

направлении, но при двух горизонтах нивелира, всегда имеется возможность эти два превышения получать с различных точек стояния (при различных расстояниях плеч), что позволяет вычислять угол « i » на каждой станции без дополнительных измерений.

Данная методика позволяет не только повысить точность, но и контролировать постоянство угла « i » (дополнительный контроль), ведь угол « i » может менять свое значение, оставаясь допустимым (менее $10''$).

Пробные измерения при проложении ходов нивелирования II класса в одном направлении при двух горизонтах прибора без соблюдения равенства плеч дали хорошие результаты.

Несмотря на то, что подобные предложения рассматривались и ранее, они ориентировались на другую измерительную и вычислительную технику.

Рассмотрим данный способ измерения для рекуррентного способа уравнивания [5] с учетом отбраковки экстремальных значений угла « i » при помощи критерия Граббса-Смирнова [3].

Алгоритм рекуррентного уравнивания при обработке многократных равноточных измерений одной величины максимально прост. В качестве предварительного значения угла « i » примем значение, полученное на первой станции $i^0 = i_1$, тогда свободный член n -го уравнения поправок $I_n = i^0 - i_n$.

На каждом n -м шаге, начиная со второго,

матрица весовых коэффициентов равна $Q = \frac{1}{n}$,

а поправка в предварительное значение и текущее уравненное значение угла « i »:

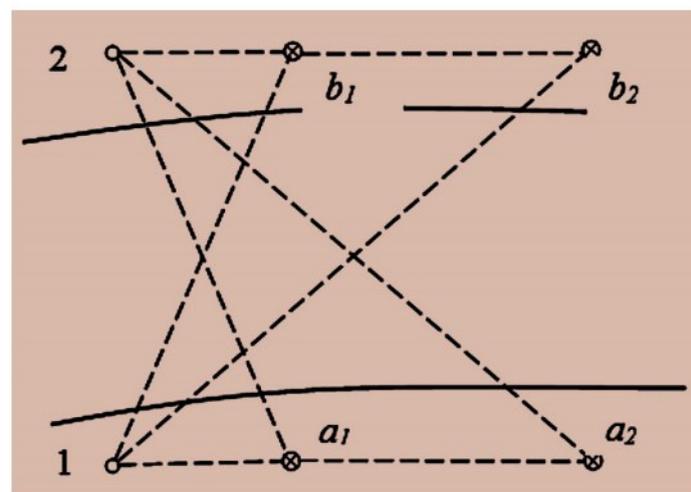


Рис. 1. Передача отметки через препятствие

$$\Delta x_n = -Q \cdot \left(\sum_{n=1}^{n-1} I_{n-1} + I_n \right) \text{ и } i_n = i^0 + \Delta x_n.$$

Заметим, что все векторы и матрицы параметрического способа уравнивания превратились в числа.

На каждом n -м шаге встает вопрос о допустимости отклонения угла « i » от уравниваемого значения. Допуск на отклонение экстремального значения зависит от доверительной вероятности (например, $p = 0,95$) и объема данных (количества станций – n). Чем больше доверительная вероятность и больше станций пройдено, тем большее отклонение допускает теория.

Отклонения v от уравниваемого значения являются r -мерным нормально распределенным вектором (r – число избыточных измерений) и каждое не может превышать $v \leq \eta_0 \cdot m \cdot \sqrt{r/n}$, где $m = \sqrt{[vv] / r}$. Данным контролем можно пользоваться, начиная с третьего шага (станции нивелирования).

Критическая величина распределения экстремального значения η_0 аппроксимирована полиномом: $\eta_0 = +0,0276 \cdot x^3 - 0,3646 \cdot x^2 + 1,925 \cdot x - 0,574$, для $x = \ln(n)$.

Рассмотрим процесс отбраковки на примере шести последовательных двойных станций

нивелирования, на каждой из которых вычислен угол « i » (табл. 1).

Несмотря на то, что на шестом шаге (станции) угол « i » уменьшился ($-1.0''$), он резко (недопустимо) отличается от предыдущих значений, что требует особого внимания. Данный процесс может быть запрограммирован для контролера цифрового нивелира.

В случае недопустимого отклонения рекуррентный алгоритм позволяет сделать шаг назад и повторить измерения.

Данная методика обладает следующими преимуществами:

- нет необходимости разбивать трассу, выравнивая плечи;
- угол « i » определяется на каждой станции и контролируется;
- все превышения исправляются за влияние угла « i »;
- для вычислений не требуются никаких дополнительных измерений;
- без потери точности можно сокращать число станций в основном ходе, наблюдая большую часть марок как промежуточные;
- может применяться в «особых случаях нивелирования».

Таблица 1

Отбраковка недопустимого колебания угла « i »

Станция	Угол « i »	Текущая погрешность определения угла, m_i	Отклонение, v_{max}	Допуск, $v_{дон}$	Примечание
1	-10,0»	-	-	-	
2	-8,9	0,78»	0,55»	-	
3	-7,8	1,1	1,1	1,1»	
4	-6,8	1,4	1,6	1,8	
5	-10,5	1,5	2,0	2,3	
6	-1,0	3,5	6,5	5,9	отклонение

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ганьшин В. Н. Геодезические методы измерения вертикальных смещений сооружений и анализ устойчивости реперов / В. Н. Ганьшин, А. Ф. Стороженко, Н. А. Буденков, А. Г. Ильин, В. И. Цюнько. – М.: Недра, 1991. – 192 с.
2. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М.: ЦНИИГАиК, 2004.
3. Зубов А. В., Беляев В. В., Евтеева Т. А. Оценка качества моделей, построенных по методу наи-

- меньших квадратов // Маркшейдерский вестник. – 2011. № 1. С. 39–42.
4. Карлсон А. А. Измерение деформаций гидротехнических сооружений. – М.: Недра, 1984. – 245 с.
5. Маркузе Ю. И. Уравнивание и оценка точности плановых геодезических сетей. – М.: Недра, 1982. – 191 с.
6. Цифровой нивелир Trimble DiNi. Руководство пользователя. 2006. Режим доступа: <http://geo-mir.ru/MANUALS/DiNi.pdf>. –Яз. рус.

Зубов Андрей Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры Инженерной геодезии, тел.: +7 (812) 328-84-13, E-mail: zaw@sptmi.ru;
Потюхляев Владимир Григорьевич, канд. техн. наук, доцент кафедры Инженерной геодезии, тел.: +7 (812) 328-84-13, E-mail: sptmi-ig@yandex.ru
 (Санкт-Петербургский горный университет)

ТОЧНОСТЬ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ МАРКШЕЙДЕРСКО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ТРИАНГУЛЯЦИОННЫХ СХЕМ. МЕТОД НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ

Рассмотрены точность и исходные положения уравнительных вычислений по методу наименьших квадратов на примере решения треугольника.

Ключевые слова: треугольник; уравнивание; способ наименьших квадратов; варианты; случайный процесс; генератор случайных чисел; имитационное моделирование; эффективность; погрешность.

I. A. Shlemov, A. V. Galyanov

ACCURACY OF THE METHODS OF EQUALIZING MINE SURVEYING AND GEODESIC TRIANGULATIONS. THE METHOD OF ORDINARY LEAST SQUARES

Precision and initial positions of equalization calculations by ordinary least squares method on an example of a solution of triangle are considered in this article.

Keywords: triangle; equalization; method of ordinary least squares; variants; stochastic process; random number generator; simulation modeling; efficiency; error.

Оценка точности методов решения маркшейдерско-геодезических схем опорных сетей составляет основу теоретической части раздела уравнивания этих систем. При этом под уравниванием понимается вычислительная процедура нахождения таких поправок в непосредственные измерения, которые исключают невязки в геометрических схемах, возникающие из-за ошибок при полевых измерениях [1]. Такие вычисления выполняются с использованием специально разрабатываемых методов. На сегодняшний день статус «классического» закрепился за методом наименьших квадратов, как «панацея от всех бед». Его теоретическую основу составляют условия Гаусса:

$$\sum_1^n \Delta^2 = \min \text{ при } \Delta = x - \bar{x}, \sum_1^n \Delta_i = 0, \quad (1)$$

которые, естественно, относятся к ограниченному множеству случайной величины. Это условие доказывает, что \bar{x} есть наилучшая (наиболее вероятная) оценка истинного значения x_0 . Априори принятое, оно дало основание сформулировать, как аксиомы, исходные положения теоретических построений метода уравнительных вычислений в приложении к рассматриваемой задаче:

– рассчитываемые поправки (ϵ) в непосредственно измеряемые величины долж-

ны обеспечивать наименьшую погрешность уравниваемых параметров;

– погрешность уравненных значений (Δ) меньше погрешности непосредственных измерений (d);

– уравненные значения параметров есть наиболее вероятные [2];

– невязки в геометрических схемах (ω), вызванные ошибками непосредственных измерений, характеризуют точность этих измерений.

Таким образом, главные задачи уравнительных вычислений состоят в приведении элементов геометрической схемы к соотношениям, регламентируемым теоремами геометрии, и в оценке погрешности уравненных параметров и погрешности непосредственных измерений. Есть лишь один недостаток в этих положениях – ни одно из них не доказано вполне. Причиной тому служит отсутствие возможности произвести сравнение измеряемых параметров с истинными значениями. Если Евклид систему геометрии строил на очевидности и здравом смысле, как то: через точку можно провести бесконечное множество прямых, а через две точки можно провести прямую и только одну, что через три точки можно провести плоскость и тоже только одну и т. д., то исходные посылки «уравни-

тельных» вычислений совершенно не очевидны и, следовательно, должны быть выведены не из желания, а из прямого эксперимента. В настоящей статье сделана попытка устранить этот недостаток путем использования метода имитационного моделирования на примере решения треугольника [3].

Исходные данные решения задачи: истинные значения всех элементов треугольника ABC: углы $\alpha_0, \beta_0, \gamma_0$, стороны треугольника a_0, b_0, c_0 (сторона AB – базис).

Варианты имитационного моделирования: треугольник равнобедренный ($b_0 = c_0$); формы треугольника ($\alpha_0 = 170^\circ, 150^\circ, 120^\circ, 80^\circ, 60^\circ, 30^\circ, 20^\circ, 10^\circ$; рис. 1); распределение истинных ошибок непосредственных измерений параметров треугольника d (равномерное, нормальное). Моделирование обеспечено введением в программу вычислительных

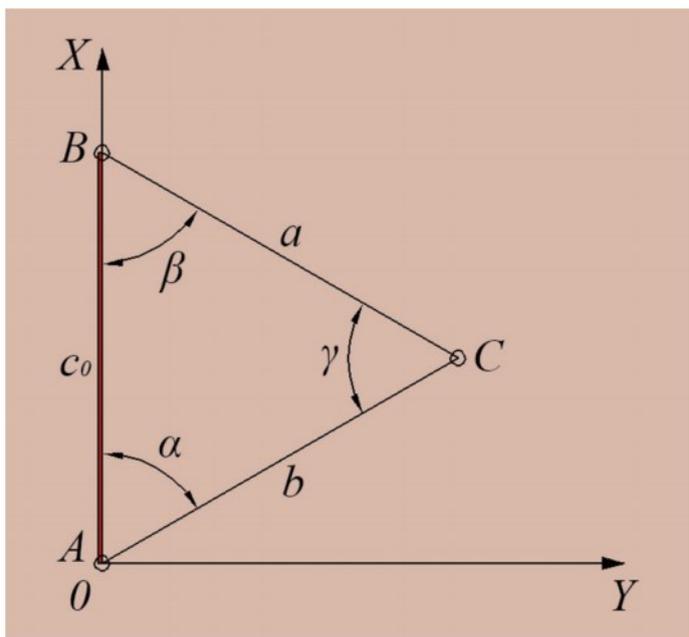


Рис. 1. Принципиальная схема треугольника ABC

операций генератора случайных чисел. Таким образом, блок-схема исследований представлена на рис. 2.

Условные (независимые) уравнения решения задачи:

$$\left. \begin{aligned} \alpha + \beta + \gamma - 180^\circ &= \omega_1 \\ a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma - c_0^2 &= \omega_2 \\ a \frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} - c_0 &= \omega_3 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

«Непосредственные» измерения моделировались введением ошибок в истинные параметры по схеме:

$$x = x_0 + dx, \quad (3)$$

которые и участвовали в расчетных вариантах. Условие независимости вводимых ошибок обеспечено генератором случайных чисел.

Равномерное распределение задано уравнением:

$$\begin{aligned} f(x) &= \frac{1}{x_{\max} - x_{\min}}, \\ M(x) &= 0, \quad \sigma_x = \pm \frac{(x_{\max} - x_{\min})}{2\sqrt{3}}. \end{aligned}$$

Нормальное распределение задано уравнением:

$$\begin{aligned} f(x) &= \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2\sigma^2} (x - X) \right], \\ X &= 0, \quad \sigma = \frac{(x_{\max} - x_{\min})}{6}. \end{aligned}$$

В вычислительной программе реализована коррелятная схема решения системы уравнений (2). Результаты исследований представлены в форме обобщающих рисунков и таблиц.

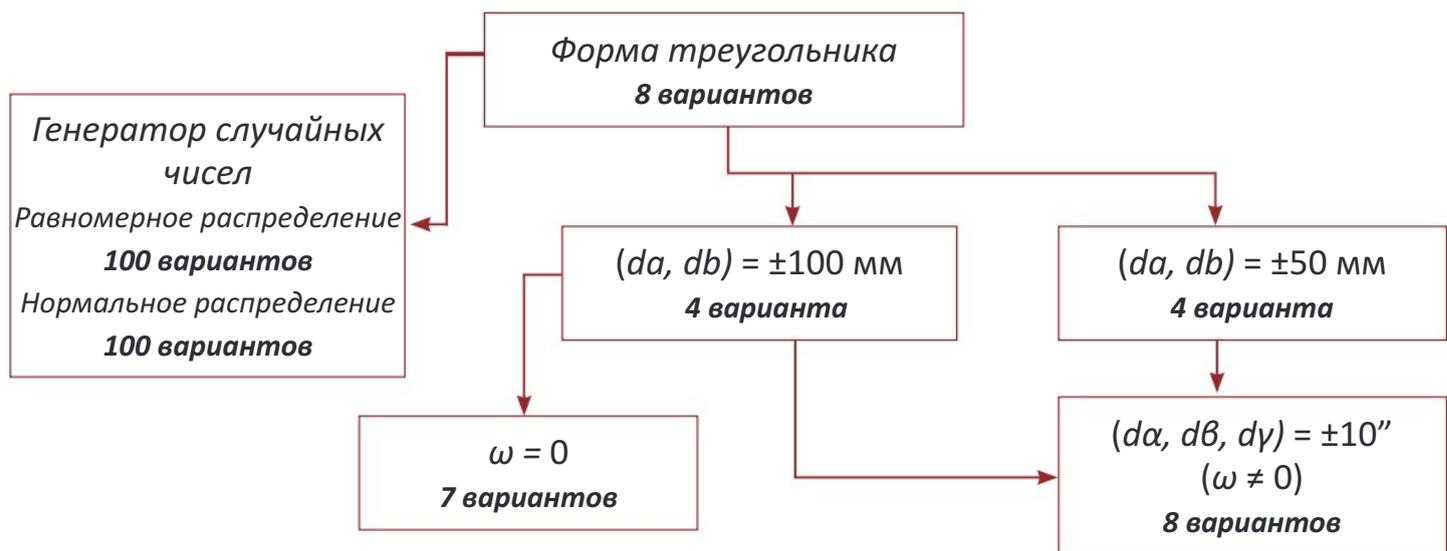


Рис. 2. Блок-схема рассматриваемых расчетных вариантов по МНК

Равномерное распределение ошибок измерения параметров треугольника ABC

В табл. 1 приведены данные сравнения истинных ошибок измерения параметров треугольника и ошибок уравненных значений для различных форм треугольника ABC. Здесь отчетливо видно, что метод наименьших квадратов «чувствителен» к форме треугольника: в тупоугольных ($\alpha > 150^\circ$) и остроугольных ($\alpha < 20^\circ$) формах треугольника отмечается уменьшение ошибок в уравненных сторонах треугольника на 30–35 % по отношению к ошибкам непосредственных измерений; в области $30^\circ < \alpha < 150^\circ$ практически не наблюдается эффекта уменьшения ошибок уравненных сторон треугольника; погрешность уравненных углов в 2–3 раза превышает соответствующие показатели непосредственных измерений.

В табл. 2 приведены результаты корреляционного анализа на предмет наличия каких-либо внутренних связей в преобразовании истинных ошибок параметров треугольника в ошибки уравненных значений. Здесь следует отметить высокую степень коррелированности линейных ошибок в измеренных и уравненных сторонах треугольника. Это говорит о

том, что ошибка уравненного значения сохраняет знак ошибки измеренного параметра. Одновременно отсутствуют какие-либо связи в угловых параметрах. Все это в совокупности позволяет предположить, что метод наименьших квадратов отдает «приоритет» линейным параметрам, а «уравнивание» углов уже является следствием «уравненных» длин сторон треугольника. Фрагмент результатов исследования приведен на рис. 3, который дает наглядное представление о сущности уравнивательных вычислений.

Данные табл. 3 вскрывают особенность взаимосвязей между ошибками уравненных параметров треугольника ABC: практически отсутствует связь между ошибками уравненных сторон a и b (графа 2); ошибки Δa и Δb коррелируются ($r > 0.8$) с ошибками противолежащих им углов $\Delta \alpha$ и $\Delta \beta$ и, следовательно, знак ошибки стороны определяет знак ошибки противолежащего угла (графы 3, 7); ошибка уравненной стороны a хорошо коррелирует с ошибкой угла γ (графа 5) в области изменения угла α от 60° до 150° и эта корреляция отрицательна ($r > |-0.79|$); в остроугольных треугольниках ($\alpha < 60^\circ$) отмечается практи-

Таблица 1

Сопоставление стандартов σ ошибок длин сторон ($\Delta a, \Delta b$) и углов ($\Delta \alpha, \Delta \beta, \Delta \gamma$) в расчетных схемах до ($\sigma_{изм}$) и после ($\sigma_{МНК}$) уравнивания треугольника ABC (равномерное распределение)

Угол α°	170°	150°	120°	80°	60°	30°	20°	10°
Длины сторон треугольника ABC								
$\sigma_{изм}, \text{мм}$	58,47	57,62	57,95	57,87	56,98	57,95	58,03	56,93
$\sigma_{МНК}, \text{мм}$	38,50	40,85	48,82	53,75	52,91	49,41	45,58	39,32
$\sigma_{МНК} / \sigma_{изм}$	0,6585	0,7090	0,8425	0,9288	0,9286	0,8526	0,7855	0,6907
Углы треугольника ABC								
$\sigma''_{изм}$	5,78	5,63	5,78	5,55	5,53	5,74	5,88	5,77
$\sigma''_{МНК}$	8,99	17,17	16,17	11,89	12,00	16,70	18,47	16,70
$\sigma_{МНК} / \sigma_{изм}$	1,5554	3,0497	2,7976	2,1423	2,1700	2,9094	3,1412	2,8943

Таблица 2

Коэффициенты корреляции r между ошибками «измеренных» (d_i) и уравненных (Δ_i) элементов треугольника ABC по МНК (равномерное распределение)

α°	$da - \Delta a$	$db - \Delta b$	$d\alpha - \Delta \alpha$	$d\beta - \Delta \beta$	$d\gamma - \Delta \gamma$
170	0,6697	0,7382	0,2718	0,0484	0,2868
150	0,8842	0,8983	0,1616	-0,0262	0,1321
120	0,9832	0,9826	0,0466	-0,0887	-0,0455
80	0,9968	0,9979	0,0547	-0,1858	0,1233
60	0,9990	0,9989	-0,0138	0,2100	-0,2161
30	0,9995	0,9986	0,1266	-0,0119	0,1940
20	0,9996	0,9972	0,0293	0,0797	0,0214
10	0,9996	0,9862	0,0702	0,0493	0,1233

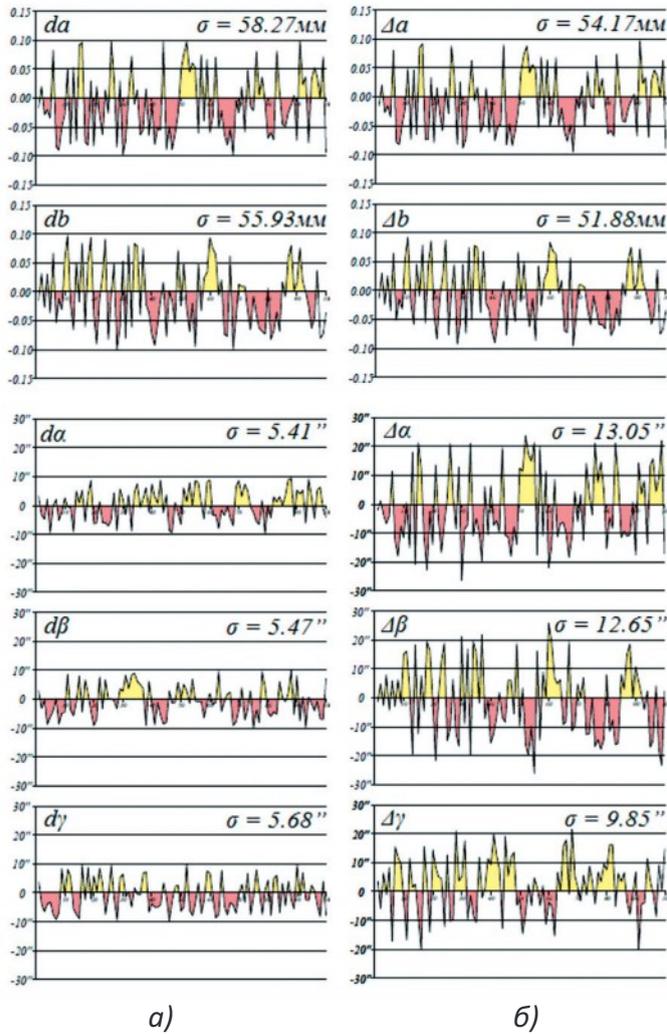


Рис. 3. Динамические графики изменения ошибок «измеренных» (а) и уравненных (б) длин сторон и углов треугольника ABC по МНК в схеме $\alpha = 60^\circ$ (равномерное распределение)

чески функциональная, обратного характера связь ошибки стороны b с угла γ (графа 8); для тупоугольных форм треугольника ABC ($\alpha > 90^\circ$) характерной следует считать высокую степень коррелированности между ошибками уравненных углов (графы 9, 10, 11), при этом $\Delta\alpha$ находится в обратной зависимости с $\Delta\beta$ и $\Delta\gamma$.

Нормальное распределение ошибок измерения параметров треугольника ABC

Исследования указанного варианта распределения выполнены в той же самой последовательности и в том же объеме, как и для вариантов с равномерным распределением ошибок непосредственных измерений, что позволило реализовать корректное сравнение результатов. Итоговые показатели уравнительных вычислений представлены в табл. 4–6 и рис. 5, 6. Сравнивая данные табл. 4 с данными табл. 1 следует заключить, что они практически идентичны. Следовательно, особенности, которые отмечены в предыдущем варианте, полностью соответствуют рассматриваемому варианту с нормальной формой распределения ошибок непосредственных измерений.

Корреляционный анализ соотношений между ошибками измеренных и уравненных параметров треугольника (табл. 5, 6) так же подтверждает данные таблиц 2, 3.

Сопоставление динамических графиков (рис. 3 и 4) показывает полное их совпадение. Таким образом, можно констатировать, что вид распределения ошибок непосредственных измерений не оказывает влияния на результаты вычислений при принятом методе решения треугольника.

Необходимым условием следует считать выполнение требования независимости непосредственных измерений друг от друга. Все же главной задачей решения треугольника является определение координат пункта C. Вычисления по всей совокупности рассмотренных вариантов подтвердили, что главными факторами, влияющими на точность определения

Таблица 3

Коэффициенты корреляции между уравненными элементами треугольника ABC по МНК (равномерное распределение)

α°	$\Delta a - \Delta b$	$\Delta a - \Delta \alpha$	$\Delta a - \Delta \beta$	$\Delta a - \Delta \gamma$	$\Delta b - \Delta \alpha$	$\Delta b - \Delta \beta$	$\Delta b - \Delta \gamma$	$\Delta \alpha - \Delta \beta$	$\Delta \alpha - \Delta \gamma$	$\Delta \beta - \Delta \gamma$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
170	0,9903	-0,0227	0,0775	-0,0311	-0,1614	0,2154	0,1081	-0,9985	-0,9985	0,9941
150	0,7129	0,3777	-0,2977	-0,4600	-0,3801	0,4573	0,2948	-0,9964	-0,9959	0,9846
120	0,3038	0,6661	-0,5087	-0,8318	-0,5082	0,6657	0,2762	-0,9810	-0,9681	0,9010
80	0,2455	0,7616	-0,3193	-0,9645	-0,4412	0,8402	-0,4928	-0,8573	-0,5634	0,0578
60	0,2152	0,8868	-0,2999	-0,7904	-0,2604	0,8671	-0,7683	-0,7068	-0,4179	-0,3474
30	0,1373	0,9722	-0,1471	-0,4257	-0,0985	0,9596	-0,9547	-0,3747	-0,2019	-0,8324
20	0,1852	0,9939	-0,0879	-0,4349	0,0754	0,9626	-0,9654	-0,1975	-0,3326	-0,8588
10	-0,1679	0,9997	-0,4311	-0,1401	-0,1921	0,9619	-0,9525	-0,4532	-0,1157	-0,8330

Таблица 4

Сопоставление стандартов σ ошибок длин сторон ($\Delta a, \Delta b$) и углов ($\Delta \alpha, \Delta \beta, \Delta \gamma$) в расчетных схемах до ($\sigma_{изм}$) и после ($\sigma_{МНК}$) уравнивания треугольника ABC (нормальное распределение)

Угол α°	170°	150°	120°	80°	60°	30°	20°	10°
Длины сторон треугольника ABC								
$\sigma_{изм}, \text{мм}$	35,41	32,95	32,74	32,83	35,16	34,83	35,85	29,95
$\sigma_{МНК}, \text{мм}$	24,19	24,23	28,3	30,46	32,48	29,97	27,69	21,2
$\sigma_{МНК} / \sigma_{изм}$	0,6831	0,7354	0,8644	0,9278	0,9238	0,8605	0,7724	0,7078
Углы треугольника ABC								
$\sigma''_{изм}$	3,27	3,04	3,63	3,19	3,37	3,34	3,37	3,09
$\sigma''_{МНК}$	5,31	9,33	8,82	6,82	7,64	9,64	11,62	8,78
$\sigma_{МНК} / \sigma_{изм}$	1,6239	3,0691	2,4298	2,1379	2,2671	2,8862	3,4481	2,8414

Таблица 5

Коэффициенты корреляции r между ошибками «измеренных» (di) и уравненных (Δi) элементов треугольника ABC по МНК (нормальное распределение)

α°	$da - \Delta a$	$db - \Delta b$	$d\alpha - \Delta \alpha$	$d\beta - \Delta \beta$	$d\gamma - \Delta \gamma$
170	0,7155	0,7369	0,3018	-0,0163	0,2872
150	0,8798	0,9128	0,0269	0,1093	-0,0116
120	0,9837	0,9858	0,1324	0,1256	0,1267
80	0,9972	0,9977	0,0028	-0,0537	0,0946
60	0,9991	0,9985	0,1188	0,0051	0,0168
30	0,9996	0,9985	0,1019	-0,0011	-0,0699
20	0,9997	0,9968	0,1096	-0,0520	0,0815
10	0,9997	0,9840	-0,0319	0,2364	0,2137

координат точки C, являются точность непосредственных измерений угловых и линейных параметров треугольника и его форма, а не внешний вид распределения этих ошибок.

В заключение в табл. 7 приведено сравнение фактических ошибок линейных и угловых параметров треугольника с их расчетными, согласно рекомендациям теории уравнивательных вычислений, значениями.

Здесь M обозначает погрешность уравненных параметров треугольника, а m , соответственно, – погрешность непосредственных измерений. Не трудно увидеть, что расчетные (теоретические) оценки погрешностей непосредственных измерений и уравненных параметров треугольника совершенно не коррелируются с фактическими.

Таким образом, исследования (объем выполненных расчетов составляет около 3 тыс. вариантов) позволяют сделать следующие выводы:

– из четырех задач, которые априори поставлены «теорией» перед уравнивательными вычислениями (устранить невязки в геометрической фигуре, найти наиболее вероятные значения измеряемых параметров, оценить погрешность уравненных и измеренных параметров треугольника), только первая может

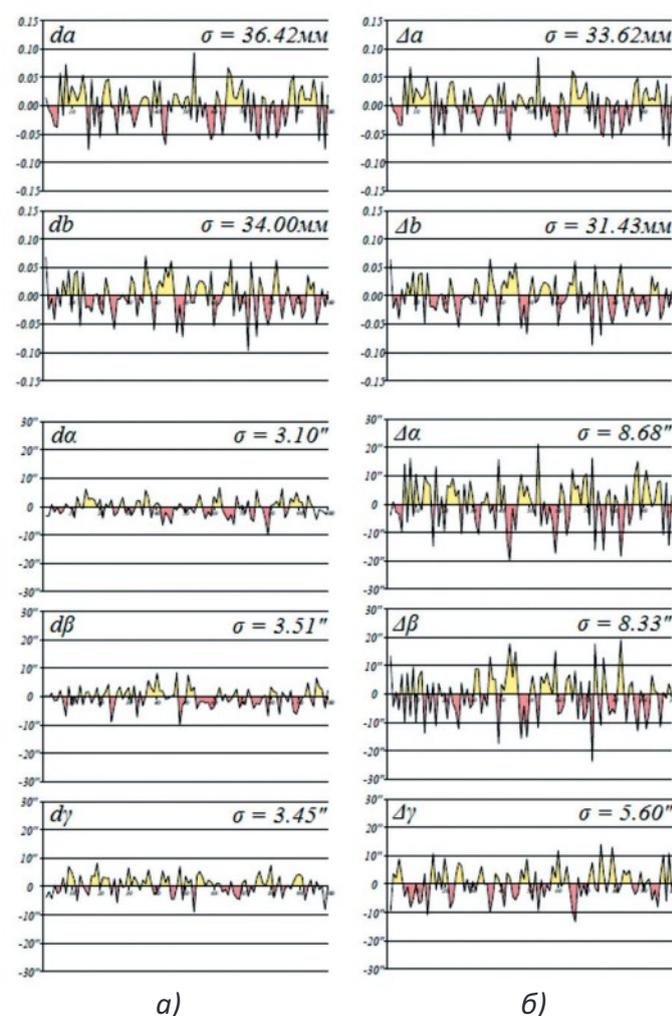


Рис. 4. Динамические графики изменения ошибок «измеренных» (а) и уравненных (б) длин сторон и углов треугольника ABC по МНК в схеме $\alpha = 60^\circ$ (нормальное распределение)

Коэффициенты корреляции между уравненными элементами треугольника ABC по МНК (нормальное распределение)

α°	$\Delta a - \Delta b$	$\Delta a - \Delta \alpha$	$\Delta a - \Delta \beta$	$\Delta a - \Delta \gamma$	$\Delta b - \Delta \alpha$	$\Delta b - \Delta \beta$	$\Delta b - \Delta \gamma$	$\Delta \alpha - \Delta \beta$	$\Delta \alpha - \Delta \gamma$	$\Delta \beta - \Delta \gamma$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
170	0,9914	0,0615	-0,0056	-0,1180	-0,0698	0,1255	0,0132	-0,9984	-0,9984	0,9936
150	0,7669	0,2804	-0,1885	-0,3773	-0,4009	0,4857	0,3049	-0,9955	-0,9947	0,9806
120	0,3624	0,6162	-0,4400	-0,8069	-0,5107	0,6775	0,2580	-0,9784	-0,9624	0,8854
80	0,2230	0,7796	-0,3557	-0,9661	-0,4366	0,8317	-0,4672	-0,8626	-0,5914	0,1022
60	0,0462	0,9022	-0,4395	-0,7448	-0,3892	0,8769	-0,7010	-0,7840	-0,3841	-0,2720
30	0,0932	0,9791	-0,2286	-0,4282	-0,1114	0,9480	-0,9396	-0,4219	-0,2354	-0,7819
20	0,0808	0,9930	-0,1718	-0,3329	-0,0376	0,9680	-0,9668	-0,2870	-0,2191	-0,8717
10	0,1234	0,9997	-0,1912	-0,4068	0,0995	0,9504	-0,9567	-0,2147	-0,3847	-0,8189

Таблица 7

Расчетные и фактические значения погрешностей

Метод наименьших квадратов									
Длины									
Равномерное распределение ошибок "измерений"									
Форма		170	150	120	80	60	30	20	10
Теор.	m	0,0338	0,0229	0,0110	0,0047	0,0039	0,0084	0,0139	0,0243
	M	0,0408							
Факт	m	0,0585	0,0582	0,0578	0,0577	0,0577	0,0578	0,0581	0,0571
	M	0,0386	0,0418	0,0487	0,0536	0,0536	0,0493	0,0456	0,0395
Нормальное распределение ошибок "измерений"									
Форма		170	150	120	80	60	30	20	10
Теор.	m	0,0199	0,0126	0,0057	0,0027	0,0026	0,0048	0,0090	0,0124
	M	0,0236							
Факт	m	0,0359	0,0329	0,0328	0,0327	0,0351	0,0348	0,0359	0,0300
	M	0,0249	0,0242	0,0284	0,0304	0,0324	0,0300	0,0277	0,0212
Углы									
Равномерное распределение ошибок "измерений"									
Форма		170	150	120	80	60	30	20	10
Теор.	m	16,64	30,34	29,94	22,76	22,87	29,62	33,11	29,73
	M	4,71							
Факт	m	5,77	5,62	5,79	5,54	5,53	5,73	5,87	5,77
	M	8,97	17,15	16,14	11,87	11,98	16,67	18,44	16,67
Нормальное распределение ошибок "измерений"									
Форма		170	150	120	80	60	30	20	10
Теор.	m	9,70	16,72	15,65	12,98	14,19	17,63	20,75	15,28
	M	2,72							
Факт	m	3,26	3,03	3,36	3,18	3,36	3,34	3,37	3,09
	M	5,30	9,31	8,81	6,80	7,63	9,63	11,60	8,77

быть признана корректной в своей постановке – получить однозначное решение возможно только при выполнении основ геометрии в геометрических схемах. Следовательно, целевая направленность, так называемых уравнительных вычислений, состоит в искажении (трансформации) непосредственных измерений

таким образом, чтобы привести параметры фигуры к требованиям геометрии; невязки ω в треугольнике (как угловые, так и линейные) есть просто результат нескомпенсированных ошибок в непосредственных измерениях и в силу этого они не характеризуют непосредственную точность этих измерений;

– форма треугольника относится к наиболее значимому фактору, определяющему эффективность уравнительных вычислений. Метод наименьших квадратов дает наилучшие результаты для фигур «неправильной» формы (тупоугольные треу-

гольники при $\alpha > 150^\circ$ и остроугольные при $\alpha < 20^\circ$);

– точность непосредственных измерений, по определению, является главным гарантом получения наиболее вероятных значений параметров треугольника.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Большаков В. Д., Гайдаев П. А.* Теория математической обработки результатов измерений. – М.: Недра, изд.2. перераб. и доп. 1977. – 367 с.
 2. *Бахурин И. М.* Курс маркшейдерского дела.

Специальная часть – М.: Высшая школа, 1962. – 494 с.

3. *Шлемов И. А., Гальянов А. В.* Способы уравнивания треугольника. – Известия УГГУ. 2013. № 3 (31). С. 43–46.

Шлемов Иван Александрович, аспирант, E-mail: smeag@mail.ru;
Гальянов Алексей Владимирович, д-р техн. наук, профессор кафедры маркшейдерского дела, E-mail: sgimd@mail.ru
 (Уральский государственный горный университет)

Уважаемые коллеги!

**Общероссийская общественная организация «Союз маркшейдеров России»
 ЧУ «ЦДПО «Горное образование»**

(Лицензия серии 77 ЛО1 №0008098, регистрационный № 037280)

Повышение квалификации по горным специальностям в 2017–2018 годах (72 часа)

Цель обучения – повышение эффективности деятельности организаций недропользователей на основе изучения научных достижений, прогрессивных технологий в области горного дела и геологии, методов управления, изменений в законодательной и нормативно-правовой базе, а также передового опыта организации геологических, маркшейдерско-геодезических и иных видов горных работ.

Слушатели зачисляются на основании заявки от предприятия и заключенного договора. По окончании курсов повышения квалификации выдается удостоверение.

Сроки проведения	Направление	Категория слушателей
25.09.2017-04.10.2017*** 23.10.2017-01.11.2017**** 20.11.2017-29.11.2017 05.02.2018-14.02.2018 19.02.2018-02.03.2018* 16.04.2018-25.04.2018 21.05.2018-30.05.2018** 24.09.2018-03.10.2018*** 22.10.2018-31.10.2018**** 19.11.2018-28.11.2018	«Маркшейдерское дело»	Специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
25.09.2017-04.10.2017*** 23.10.2017-01.11.2017**** 19.02.2018-02.03.2018* 21.05.2018-30.05.2018** 24.09.2018-03.10.2018*** 22.10.2018-31.10.2018****	«Рациональное использование и охрана недр»	Специалисты служб лицензирования, недропользования, главного геолога
25.09.2017-04.10.2017*** 23.10.2017-01.11.2017**** 19.02.2018-02.03.2018* 21.05.2018-30.05.2018** 24.09.2018-03.10.2018*** 22.10.2018-31.10.2018****	«Геология»	Специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
25.09.2017-04.10.2017*** 23.10.2017-01.11.2017**** 19.02.2018-02.03.2018* 21.05.2018-30.05.2018** 24.09.2018-03.10.2018*** 22.10.2018-31.10.2018****	«Землеустройство и земельный кадастр»	Специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций

Сроки проведения	Направление	Категория слушателей
25.09.2017-04.10.2017*** 23.10.2017-01.11.2017**** 19.02.2018-02.03.2018* 21.05.2018-30.05.2018** 24.09.2018-03.10.2018*** 22.10.2018-31.10.2018****	«Промышленная безопасность опасных производственных объектов»	Специалисты горно- и нефтегазодобывающих организаций
25.09.2017-04.10.2017*** 23.10.2017-01.11.2017**** 19.02.2018-02.03.2018* 21.05.2018-30.05.2018** 24.09.2018-03.10.2018*** 22.10.2018-31.10.2018****	«Организация кадровой службы и управление персоналом при недропользовании»	Специалисты кадровых служб горно- и нефтегазодобывающих организаций

* – очная часть курсов повышения квалификации (26.02.2018-02.03.2018) проводится в г. Тюмени. Слушатели курсов примут участие в работе Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность и геолого-маркшейдерское обеспечение работ при добыче углеводородного сырья»

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

**** курсы повышения квалификации проводится в г. Санкт-Петербурге (2018 г.), г. Москве (2017 г.). Слушатели курсов примут участие в работе Всероссийской конференции «Новые технологии при недропользовании»

Получить более подробную информацию об обучении, полном перечне проводимых курсов, а также о дополнительных мероприятиях можно на сайте www.mwork.su, по E-mail: obr@mwork.su; gorobr@inbox.ru или по тел.: +7 (495) 641-00-45, +7 (499) 263-15-55

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ГЕОСКАН ДЛЯ МАРКШЕЙДЕРСКИХ РАБОТ

Статья посвящена применению современных технологий на основе беспилотных авиационных систем для решения производственных задач маркшейдерии. На примере решений, разработанных в Группе компаний Геоскан, в сравнении с классическими методами (инструментальным и дистанционным) для решения задач маркшейдерии показаны преимущества данных технологий.

Ключевые слова: маркшейдерские работы; технология ГК Геоскан; беспилотные авиационные системы; программное обеспечение.

M. V. Kurkov, A. E. Semenov, A. A. Kotov

APPLICATION OF GEOSCAN TECHNOLOGY FOR MINE SURVEYING WORKS

The article is devoted to application of modern technologies on the basis of unmanned aerial systems for the solution of production tasks of mine surveying. For example, solutions developed in the Group of companies Geoscan in comparison with the classical methods (instrumental and remote) for solving problems of surveying shown the advantages of these technologies.

Key words: mine surveying; technology GC Geoscan; unmanned aerial systems; software.

До недавнего времени для решения классических маркшейдерских задач, в том числе по определению объема сыпучих материалов на открытых складах и объема выработки грунта на карьерах, использовались следующие методы [1–5]:

– инструментальный, заключающийся в проведении тахеометрической съемки объекта исследования, к примеру, кучи щепы на складе. Метод является самым трудоемким и дорогостоящим, а также подвергает сотрудников полевой службы риску на производстве;

– дистанционный, в котором могут применяться как данные, полученные при помощи лазерного сканера (наземного либо воздушного), так и материалы аэрофотосъемки, полученные с пилотируемого летательного аппарата (ЛА) и специализированной аэросъемочной аппаратурой. Такой способ подразумевает покупку либо аренду дорогостоящей техники и ЛА, подготовку и содержание штата высококвалифицированных специалистов, а также зависит от погодных условий.

Современный уровень развития техники, в частности в сфере беспилотной авиации, и доступность по цене и качеству фотоаппаратуры позволяют находить способы создания техноло-

гий на их основе, которые значительно снижают финансовые и временные затраты на выполнение задач маркшейдерии на производстве [6–9].

Ярким представителем российского и международного рынков в данной сфере является Группа компаний Геоскан (далее – ГК Геоскан) [10], обладающая всеми необходимыми элементами технологии собственного производства для решения задач маркшейдерии.

Рассмотрим подробнее состав программно-аппаратных комплексов (далее – ПАК) и технологий, базирующихся на их основе.

ГК Геоскан разработаны уникальные ПАК, включающие следующие компоненты:

Беспилотные авиационные системы (БАС), технические характеристики которых отображены на рис. 1.

Данные системы имеют ряд преимуществ перед конкурентами, а именно:

- экологически безопасны (электрические двигатели);
- низкий уровень шумов;
- высокая производственная эффективность каждого типа БАС в своем сегменте;
- максимальный уровень автоматизации управления с возможностью контроля оператором;



Геоскан 101

Геоскан 201

Геоскан 401

Длина маршрута	60 км	210 км	15 км
Продолжительность полета	до 1 часа	До 3 часов	До 1 часа
Запуск	С катапульты	С катапульты	Площадка 3 x 3 м
Посадка	На парашюте	На парашюте	Площадка 3 x 3 м
Скорость полета	54–108 км	64–130 км/ч	До 50 км/ч
Двигатель	Электрический	Электрический	4 электрических двигателя
Макс, высота полета	До 4000 м	До 4000 м	До 500 м
Макс, взлетная масса	2,3 кг	2,3 кг	9,5 кг
Камера	20(24)Мп	20(24)Мп	20(24)Мп

Бортовой ГНСС приемник

Торсон (2 частотный, 2 системный, 10 Гц)

Рис. 1. Технические характеристики используемых беспилотных авиационных систем Геоскан

- высокий уровень безопасности проведения полетов;
- простота в эксплуатации;
- доступная цена.

Полезная нагрузка, которая устанавливается на БАС Геоскан, варьируется в зависимости от поставленных задач. Как правило, для топографических и маркшейдерских задач используются беззеркальные камеры центрального затвора, с фокусом от 20 до 35 мм и размером матрицы от 16 до 24 Мп. На БАС Геоскан активно используется камера Sony DSC RX-1, которая проходит стендовую калибровку и модификацию по управлению и питанию.

Для задач сельского и лесного хозяйств дополнительно используются камеры Sony Alpha A5000, модифицированные под спектральную съемку. Для мониторинга пожаров и коммуникаций используется тепловизор.

В целях получения центров фотографирования, участвующих в процессе уравнивания аэрофотоснимков, БАС Геоскан снабжены высокоточными геодезическими приемниками GNSS «Торсон В110» либо аналогичными по точности.

Программное обеспечение (ПО) «Agisoft PhotoScan Pro», предназначенное для фотограмметрической обработки данных аэрофотосъемки (АФС) в автоматизированном режиме при минимальном участии оператора [11].

ПО позволяет создать: облака точек (аналог результата лазерного сканирования), ортофотопланы, цифровые модели местности и рельефа, а также высококачественные текстурированные фотореалистичные 3D-модели объектов на основе цифровых фотографий.

Широкий выбор форматов экспорта и импорта позволяет взаимодействовать со многими профильными программами, в том числе ГИС Спутник, AutoCAD, Mapinfo, QGIS, Photomod и другими.

Программное обеспечение «ГИС Спутник» – современная трехмерная геоинформационная система, позволяющая отображать и анализировать геопространственную информацию в едином 3D-пространстве с учетом временной динамики.

Основными функциями программы являются: визуализация и анализ ортофотопланов, цифровых моделей местности и рельефа, в том числе анализ метрических данных объектов, расчет объемов положительных и отрицательных форм рельефа с возможностью изменений характеристик объектов, снятых в разное время.

«ГИС Спутник» может использоваться предприятиями для оценки состояния трубопроводов (деформации, выявление незаконных врезок и построек, состояние грунтов

и степень зарастания) и линий электропередач, мониторинга состояния дорог (выявление дефектов полотна, деформации насыпи), а также вычисления объемов горных выработок, отвалов и т. д.

Пример определения объема щепы на открытом складе целлюлозно-бумажного комбината в интерфейсе «ГИС Спутник» изображен на рис. 2.

ПАК на основе БАС Геоскан находят свое применение в следующих областях:

- топография – создание на основе аэрофотосъемочного материала ортофотопланов, цифровых моделей местности и рельефа;
- маркшейдерия – определение объемов выработки в карьерах, а также сыпучих материалов на открытых складах и т. д.;
- лесная промышленность – определение объемов штабелей бревен на лесозаготовках и складах, мониторинг состояния лесов, выявление незаконных вырубок, лесотаксация с применением спектра CIR;
- сельское хозяйство (с применением индекса NDVI);
- мониторинг строительства;
- мониторинг лесных пожаров, паводков и др.

Исходя из возможностей ПАК, была разработана следующая технология, применимая к задачам маркшейдерии (на примере определения объемов сыпучих материалов на открытых складах) [12, 13]:

Подготовительные работы:

- согласование работы в воздушном пространстве, получение разрешительной документации;
- определение границ склада;
- закладка и измерение контрольных точек (внешний вид маркера планово-высотного обоснования и схема закладки ПВО отображены на рис. 3);
- подготовка проектов АФС.

Аэрофотосъемочные работы:

- выбор точек взлета и посадки БАС;
- установка базовой станции (GNSS-приемник в режиме статики);
- проведение аэрофотосъемки;
- предварительная проверка данных в полевых условиях на наличие и целостность.

Камеральные работы:

- обработка геодезических данных (получение центров фотографирования);
- фотограмметрическая обработка аэрофотоснимков, получение ортофотопланов,

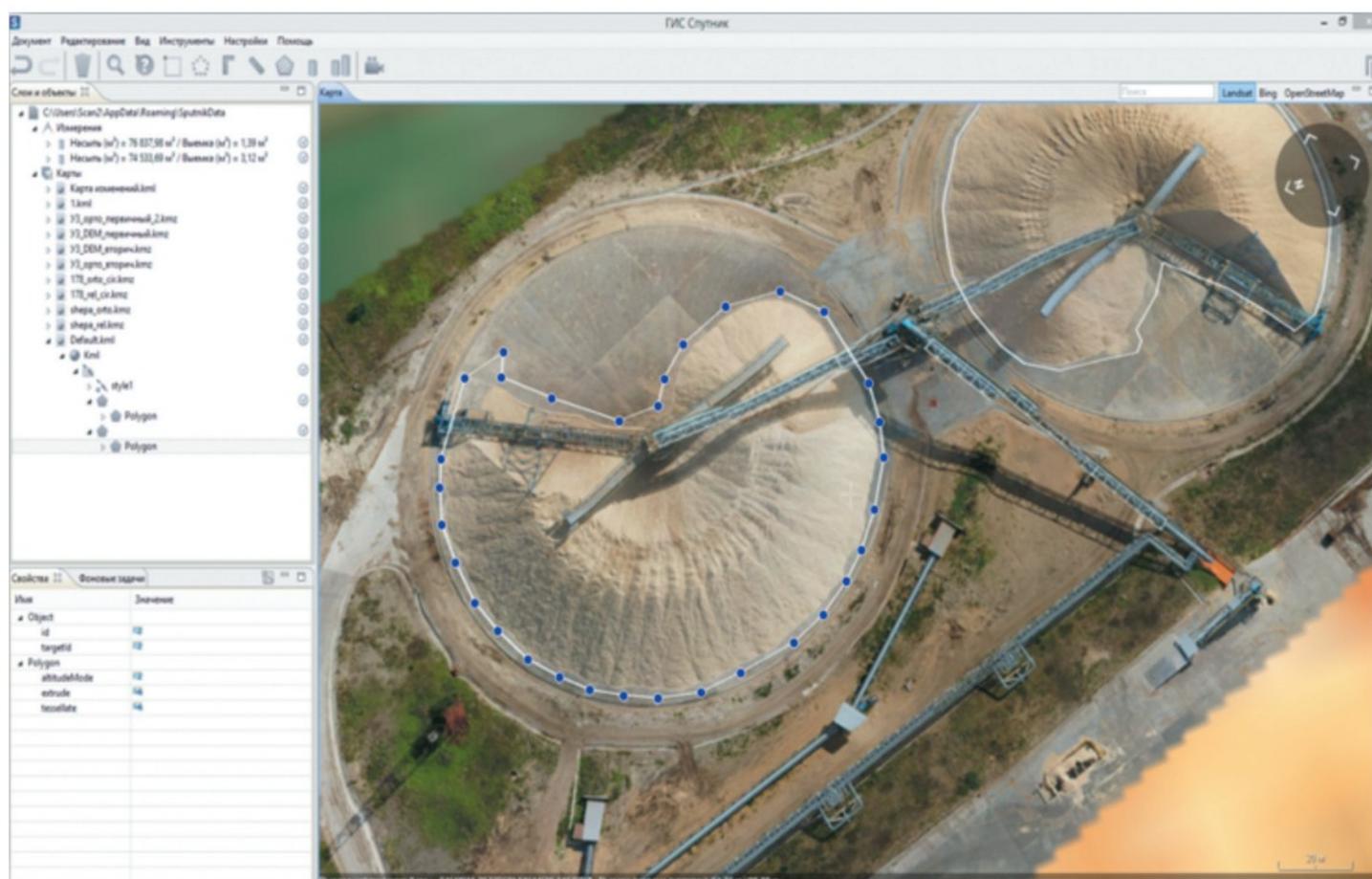


Рис. 2. Определение объема щепы на открытом складе целлюлозно-бумажного комбината в интерфейсе «ГИС Спутник»

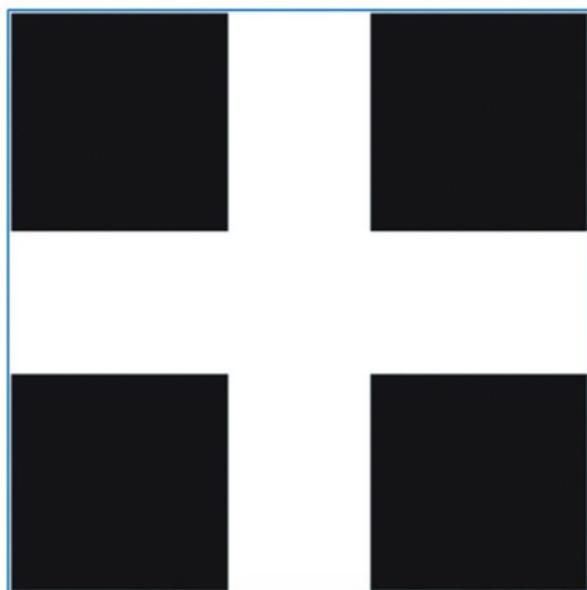


Рис. 3. Внешний вид маркера планово-высотного обоснования и схема закладки ПВО

цифровых моделей местности и рельефа, пример цифровой моделей кучи щепы на складе показан на рис. 4;

- проведение контроля точности;
- построение высокоточной текстурированной фотореалистичной 3D-модели объекта (кучи щепы), пример 3D-модели показан на рис. 5;
- экспорт данных в геоинформационную систему.

Аналитическая работа в геоинформационной системе:

- расчет объема объекта.

Данная технология, разработанная сотрудниками ГК Геоскан, была неоднократно апробирована на многих промышленных объектах, включая Братский ЦБК, объекты лесопромышленного комплекса «Монди», ОАО «Сибирская угольная энергетическая компания» и т. д.

Результаты апробации технологии ГК Геоскан показали, что определение объемов материалов с применением БАС не уступает по качеству инструментальным измерениям (расхождения по значениям составило 1 % от объема), а по полноте получаемой информации – превосходят. Точность построения модели объекта составила 0,05 м в плане и 0,1 м по высоте, что говорит о высокой точности данного метода.

К основным преимуществам технологии ГК Геоскан можно отнести:

- высокая точность получаемых материалов;
- оперативность выполнения работ;

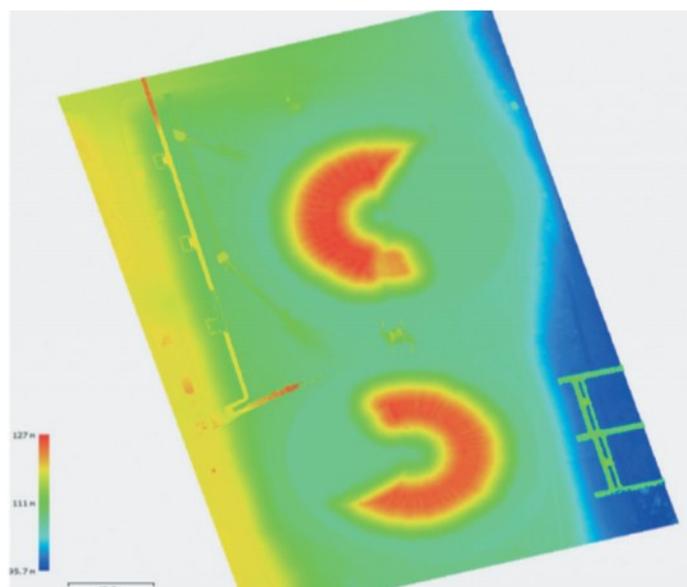


Рис. 4. Изображение цифровой модели кучи песка на открытом складе в интерфейсе «Agisoft PhotoScan Pro»



Рис. 5. Изображение 3D-модели кучи песка на открытом складе в интерфейсе «Agisoft PhotoScan Pro»

- компоненты ПАК разработаны и произведены в России ГК Геоскан;
- минимальные трудозатраты по сравнению с традиционными методами съемки;

– возможность применения технологии специалистами разного профиля (не требует глубоких знаний в области геодезии, аэрофотосъемки, картографии).

Указанные качества позволяюткратно повысить эффективность выполнения маркшейдерских работ, сэкономить существенные средства при регулярном мониторинге объемов сыпучих материалов на открытых складах.

В целях подтверждения полученных результатов и эффективности технологии, ГК Геоскан проведена добровольная сертификация и исследовательские испытания ПАКов в специализированных организациях.

В настоящий момент ведется подготовка к сертификации новых серий БАС «Геоскан 101» и «Геоскан 201» на базе Геодезического полигона МИИГАиКа на предмет соответствия получаемой продукции требованиям действующих нормативно-технических документов и правовых актов.

Также запланированы исследовательские испытания на предмет оценки точности полигональной трехмерной модели территории в сравнении с инструментальными измерениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. РД 07-603-03 «Инструкция по производству маркшейдерских работ», утверждена постановлением Госгортехнадзора России от 06.06.2003 № 73.
2. РД 07-604-03 «Инструкция по маркшейдерскому учету объемов горных работ при добыче полезных ископаемых открытым способом», утверждена постановлением Госгортехнадзора России от 06.06.2003 № 74.
3. ГКИНП-02-033-82 – «Инструкция по топосъемке М 5000, 2000, 1000, 500» 1982 г.
4. «Инструкция по топографическим съемкам в масштабах 1:10000 и 1:25000».
5. ГКИНП (ОНТА)-02-262-02 – «Инструкция по развитию съемочного обоснования и съемки ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS».

Следует отметить, что современные производители БАС, как правило, предлагают целостные решения: производят только беспилотные системы, либо исключительно ПО, что не позволяет создать полноценную технологию, где каждый элемент дополняет друга.

В решениях ГК Геоскан есть все необходимые элементы технологии, обеспечивающие получение данных АФС, их обработку и анализ, что позволяет формировать пакетные решения для современного бизнеса, оптимизирует расходы и упрощает сервисное обслуживание каждого из элементов ПАК.

Также технологии Геоскан доступны и как сервисная услуга при выполнении текущих маркшейдерских работ специалистами ГК Геоскан.

Учитывая изложенное, можно сделать вывод, что технология ГК Геоскан проявила себя наилучшим образом, в том числе в решении задач маркшейдерии, показала свою оперативность и точность (расхождение с инструментальными измерениями в пределах 1 %), простоту и доступность в эксплуатации, что позволяет рекомендовать ее для применения в маркшейдерских работах на предприятиях.

6. ГКИНП-09-32-80 – «Основные положения по аэросъемке, выполняемой для создания и обновления топографических карт и планов».
7. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02 Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов.
8. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997 № 60-ФЗ.
9. «Федеральные авиационные правила полетов в воздушном пространстве Российской Федерации» от 31 марта 2002 г. №136/42/51.
10. ГК «Геоскан» – www.geoscan.aero.
11. Руководство пользователя «Agisoft PhotoScan».
12. Инструкция по выполнению полетов БПЛА «Geoscan».
13. Руководство пользователя «Topcon Hiper».

Курков Михаил Владимирович, начальник научно – исследовательского отдела, ООО «Скан» (резидент ИТЦ «Сколково») из состава ГК Геоскан, тел.: +7 (903) 004-83-77, E-mail: m.kurkov@geoscan.aero;

Семенов Алексей Евгеньевич, генеральный директор, ООО «Геоскан» из состава ГК Геоскан, тел.: +7 (921) 953-00-92, E-mail: a.semenev@geoscan.aero;

Котов Артем Александрович, начальник геодезического отдела, ООО «ТиТул» из состава ГК Геоскан, тел.: +7 (905) 777-14-01, E-mail: a.kotov@geoscan.aero

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ СРЕДСТВАМИ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПРИБОРНО-ВОДОЛАЗНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ПОДВОДНЫХ ПЕРЕХОДОВ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

Рассматривается применение облачных технологий в современном топографо-геодезическом производстве на конкретном примере приборно-водолазного обследования подводных переходов магистральных газопроводов. Представлена усовершенствованная схема процесса передачи данных, выявлены основные достоинства и недостатки внедрения облачного хостинга в процесс производства топографо-геодезических работ.

Ключевые слова: облачные технологии; большие данные; обследование магистральных газопроводов; камеральная обработка данных.

N. S. Kopylova, N. S. Pavlov, A. V. Baranova

ENHANCEMENT OF THE TECHNIQUE OF PROCESSING OF RESULTS OF LAND MEASUREMENTS BY MEANS OF CLOUD COMPUTING WHEN CARRYING OUT INSTRUMENTAL AND DIVING SURVEY OF UNDERWATER TRANSITIONS OF THE MAIN GAS PIPELINES

Application of cloud computing in modern surveying on a specific example of instrumental and diving survey of underwater transitions of the main gas pipelines is considered in this work. There are advanced scheme of process data transmission and main advantages and disadvantages of uptake in surveying were described.

Keywords: cloud community; big data; inspection of the main gas pipelines; cameral data processing.

Облачные технологии (ОТ) – технологии распределенной обработки данных, в которой компьютерные ресурсы и мощности предоставляются пользователю как интернет-сервис.

Данные технологии, появившиеся во второй половине прошлого века, лишь с развитием сети Интернет получили известность и широкое применение в различных отраслях.

На 2014 г. в России существовало 7 крупнейших провайдеров, предлагавших облачный хостинг, а также национальная облачная платформа О7, разработанная компанией Ростелеком [1]. Ожидается, что в ближайшие 5 лет число разработчиков продуктов для обла-



Н. С. Копылова



Н. С. Павлов



А. В. Баранова

ков вырастет втрое, а само количество облачных продуктов и решений – на порядок [2].

ОТ имеют широкий спектр применения: в образовании, где с

их помощью можно существенно облегчить работу сотрудников над документами (образовательная программа, учебный план), упростить совместную проектную работу учащихся, сделать более доступным дистанционное обучение; в медицине, упрощая бумажную работу врача; в бухгалтерском учете облачные технологии позволяют оптимально быстро синхронизировать работу нескольких удаленных офисов или сотрудников в единой базе данных. Не последнюю роль они

могут играть и в геодезии при проведении топографо-геодезических работ в инженерных изысканиях.

Топографо-геодезические работы состоят из трех этапов: подготовительного, полевого и камерального. Наиболее эффективное взаимодействие между последними двумя этапами приводит к получению качественного результата работ. Применение ОТ на этой ступени позволит ускорить процесс передачи данных между специалистами, а также позволит своевременно выявлять и исправлять ошибки и недочеты путем проведения повторных промеров и измерений. Кроме того, позволит широкому кругу вовлеченных специалистов иметь доступ к данным.

Однако использование ОТ в процессе инженерно-геодезических изысканий не имеет широкого применения. В связи с этим рассмотренная схема применения ОТ в целях модернизации топографо-геодезического процесса на примере приборно-водолазного обследования подводных переходов магистральных газопроводов является актуальной.

Конкретным примером данного вида работ служит приборно-водолазное обследование подводных переходов магистральных газопроводов (ППМГ) «Вологда-Череповец», «Грязовец-Ленинград I» и «Грязовец – Ленинград II» через р. Шексну, выполненное сотрудниками НПП (г. Санкт-Петербург) на основе договора с ООО «Севергазпром».

Работы были выполнены в соответствии с техническим заданием по 1 классу обследования.

Участок работ имел площадь около 25 га и представлял собой часть реки и прилегающие к ней левую и правую береговую полосу шириной около 300 м в пределах охранной зоны.

Процесс приборно-водолазного сканирования подводных переходов магистральных газопроводов подразделяется на два больших блока – береговые и русловые работы. К береговым работам относятся топографо-геодезические работы, приборное определение планового и высотного положения и состояния изоляционного покрытия газопроводов. Русловые работы включают гидрографические работы, гидрологические работы, гидролокационное обследование дна реки, приборное определе-

ние планового и высотного положения и состояния изоляционного покрытия газопроводов, водолазное обследование газопроводов [3, 4, 5].

Работы представляют собой ступенчатую структуру, итогом каждой ступени являются данные, предназначенные для дальнейшей камеральной обработки. По завершению полевого этапа работ формируются массивы данных большого объема, часто называемых «большими данными», которые передаются на дальнейшую обработку специалистам в камеральный отдел. Классическая схема передачи данных несет в себе множество недостатков. К ним можно отнести время, требуемое на перевозку и связанные с этим затраты, практически отсутствие возможности производства повторных измерений, привязанность процесса обработки к одному компьютеру и др.

Применение облачного сервиса даст возможность решить недочеты классической схемы передачи данных. Его внедрение в процесс топографо-геодезических работ позволит отправлять данные в камеральный отдел после каждого этапа произведенных работ, что ускорит обработку и позволит выполнить повторные измерения, если возникнет такая необходимость [6]. Подробная схема применения ОТ для целей приборно-водолазного обследования ППМГ приведена на рис. 1.

Конкретным примером такого облачного хостинга является проект компании Autodesk – Autodesk 360 (A360), который является комбинацией программного обеспечения как услуги (SaaS) и модели публичного облака.

Основными функциями этого сервиса являются хранение данных различных форматов, возможность просмотра и редактирование файлов формата .dwg и .dxf.

A360 предлагает 25 Гб памяти для хранения необходимой информации, а также обеспечивает надежную защиту данных [7].

Использование A360 дает доступ к необходимой информации широкому кругу специалистов, что позволяет работать над проектом совместно и ускоряет процесс обработки данных. Процесс загрузки информации занимает не более нескольких минут. Конечно, у данной технологии существуют и недостатки. Например, для работы с облаком необходимо соединение

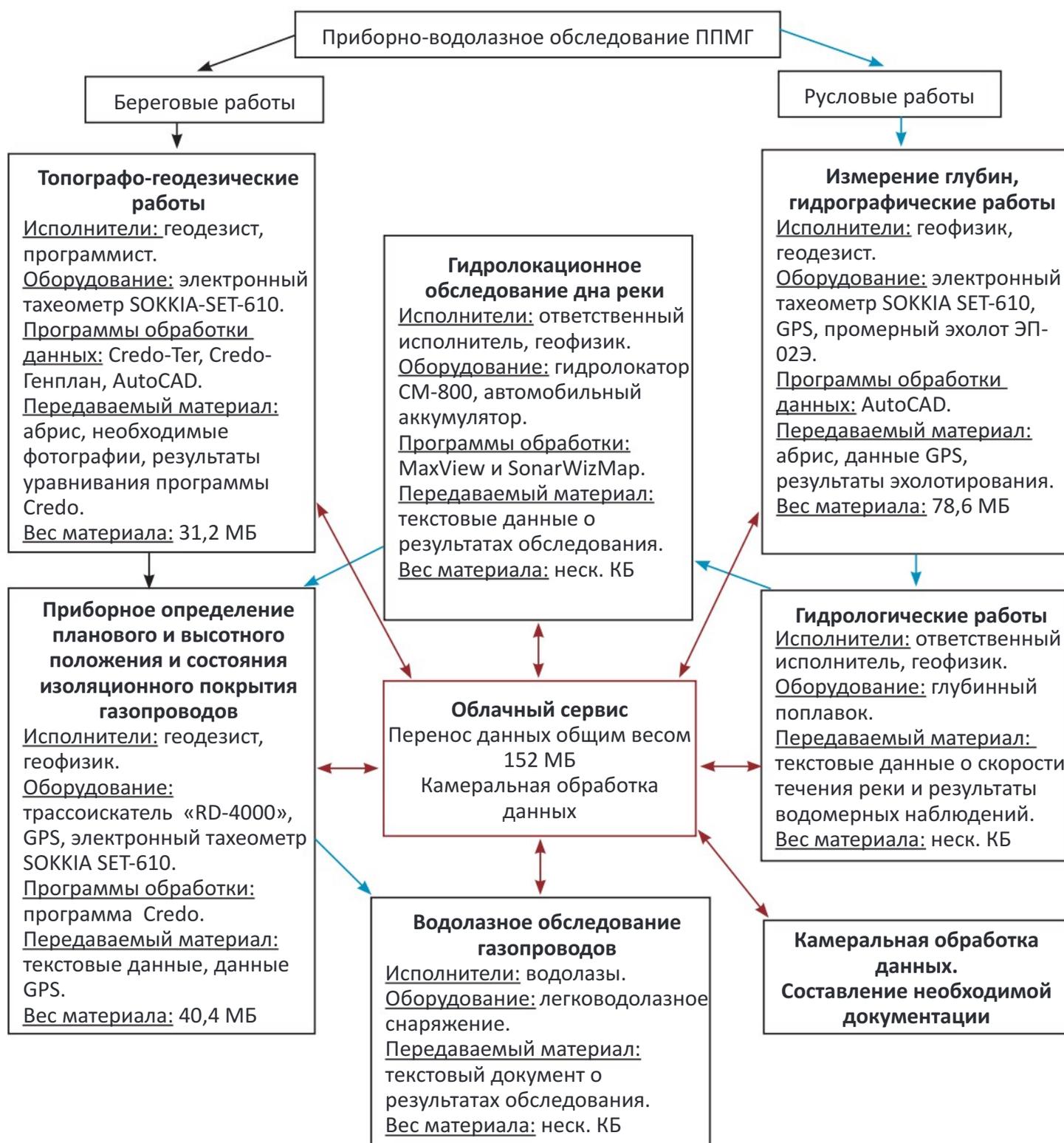


Рис. 1. Использование облачного сервиса для подводно-водолазного обследования ППМГ

с сетью Интернет, также есть вероятность потери данных при поломке сервера, однако на этот случай существует возможность резервного копирования информации. Таким образом, перспективность использования облачного

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранова А. В., Копылова Н. С. Применение облачных технологий в топографо-геодезических работах при инженерных изысканиях // География: развитие науки и образования. Часть II. Коллективная монография по материалам ежегодной Международной научно-практической конференции LXIX Герценовские чтения, посвященной 115-летию со дня рождения Станислава Викентьевича Калесни-

сервиса при топографо-геодезических работах является доказанной.

Апробация предложенной технологии была проведена в ООО «Подводсервисстрой» в ноябре 2016 года.

ка, Санкт-Петербург, РГПУ им. А.И. Герцена, 21-23 апреля 2016 года – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2016. – С. 199-202.

2. Батаев А. В. Перспективы внедрения облачных технологий в банковском секторе России // Экономический портал – 2015. <http://institutiones.com/innovations/2345-perspektivy-vnedreniya-oblachnyx-technologij-v-bankovskom-sektore-rossii.html>

3. Правила технической эксплуатации магистральных газопроводов. М: Недра, 1989.
4. РД 51-3-96 Регламент по техническому обслуживанию подводных переходов магистральных газопроводов. – М.: Гипроречтранс, 1996. -70 с.
5. СНиП 2.05.06-85 Магистральные трубопроводы. – М., 1985.

6. Широкова Е.А. Облачные технологии // Современные тенденции технических наук: материалы междунар. науч. конф. (г. Уфа, октябрь 2011 г.). – Уфа: Лето, 2011. – С. 30-33.
7. <https://autocad360.desk.com/customer/en/portal/articles/2132910-drawing-tools-update>

Копылова Наталья Сергеевна, канд. геогр. наук, доцент кафедры Инженерной геодезии, тел.: +7 (812) 328-84-13, E-mail: ans_natasha@mail.ru;

Павлов Никита Сергеевич, канд. техн. наук, ассистент кафедры Инженерной геодезии, тел.: +7 (812) 328-84-13, E-mail: pavlovns@spmi.ru;

Баранова Алена Вадимовна, студентка строительного факультета, E-mail: baranova.alyonka@mail.ru
(Санкт-Петербургский горный университет)

Теодолит высокоточный с металлическими лимбами

(см. фото обложки)

Производственная компания «Buff & Buff Mfg. Co», к производству которой относится представленный высокоточный теодолит, в Бостоне была важным членом группы производителей Новой Англии в области геодезических инструментов и оборудования и играла свою роль в Классическом периоде американского инструментостроения.

Данный инструмент имеет передовые по тому времени отличия от базовой модели теодолита: оба лимба закрыты кожухами, высокая чувствительность уровня при трубе, высокая точность отсчетов благодаря малой цене деления лимбов и верньеров, что говорит о наличии у компании высокоточного производственного оборудования.

На трубе имеется винт перемещения объектива для фокусировки, что было характерно для американских и аналогичных им японских приборов и отличало их от европейских и российских приборов. Вторая отличительная особенность – использование круглого основания с внутренней резьбой для закрепления на треноге и применение 4-х подъемных винтов (у европейских и российских аналогов тренога, позднее трегер, с тремя подъемными винтами).

У зрительной трубы теодолита сохранилась сетка нитей, в т. ч. и дальномерных, оптика не загрязнена. С трубой соединен цилиндрический уровень солидных размеров (140 мм) с высокой чувствительностью, что позволяло при необходимости использовать данный прибор в качестве нивелира.

Второй цилиндрический уровень закреплен на противоположной от лимба вертикальной стойке, а третий – на кожухе горизонтального лимба. Оба лимба уже закрыты защитными кожухами с прорезями-окошками для снятия отсчетов. При горизонтальном лимбе сохранились крепления двух утраченных иллюминаторов (светоотражающих пластин из белого пластика). Сбоку окошек сохранились шпеньки, возможно, для утраченных отсчетных луп-микроскопов, как правило, используемых в высокоточных теодолитах.

Имеются винт закрепления трубы на горизонтальной оси, микрометрический винт малых смещений (наведения) трубы в вертикальной плоскости, а также винт закрепления и винт наведения прибора в горизонтальной плоскости и закрепительный и наводящий винты алидады.

Наличие буссоли было характерно для теодолитов начала XX века. В данном приборе на буссоли имеются гравированные надписи: «Buff & Buff ... 7232 Boston Pat. Nov., 13 1906». Имеет клеймо – горизонтальный ромб с названием фирмы «Buff», такое же клеймо стоит на укладочном ящике, имеющим еще одну фирменную пластину-шильд с гордой надписью «Best In The World» («Лучший в мире»).

На выдвигной подставке прибора также выдавлены название фирмы и заводской номер. Лимб буссоли градуирован 0-90-0-90°, надписи румбов, стрелка фиксируется арретирующим устройством в транспортном положении. Размер теодолита 300 x 185 x 355 мм, размер транспортировочного укладочного ящика из красного дерева – 280 x 240 x 420 мм. В ящике в комплекте теодолита сохранилась бленда. Покрытие теодолита – инструментальный лак и черная эмаль. Редкий музейный предмет.



МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОРОДНОГО МАССИВА, ВМЕЩАЮЩЕГО ВЫРАБОТКУ И ДИЗЬЮНКТИВНОЕ НАРУШЕНИЕ

В рамках модели геомеханического состояния массива горных пород, находящегося в условиях плоской деформации и вмещающего выработку с дизъюнктивным нарушением, представленным узким прямоугольным вырезом типа щели, проведены исследования напряженного состояния массива в окрестности выработки и щели. Результаты показывают, что при определенных их положениях возникают значительные растягивающие горизонтальные напряжения. Проведен анализ результатов исследований и выявлен ряд особенностей в состоянии массива.

Ключевые слова: анизотропный массив горных пород; дизъюнктивное нарушение; горная выработка; поверхности ослабления; зоны нарушения сплошности.

N. V. Cherdantsev, S. V. Cherdantsev, V. S. Zykov

MODELING OF THE GEOMECHANICAL STATE OF THE ROCK MASS, INCLUDING THE DEVELOPMENT AND DISJUNCTIVE DISLOCATION

Within the model of the geomechanical state of the rock mass, which is under the conditions of plane deformation and enclosing working and disjunctive dislocation, represented by a narrow rectangular slot-like slot, investigations of the stressed state of the mass in the vicinity of the working and the gap were carried out. The results show that, under certain positions, significant stretching horizontal stresses arise. The analysis of research results is carried out and a number of features are revealed in the state of the array.

Keywords: anisotropic rock mass; disjunctive dislocations; excavation; surface attenuation; the zone of discontinuity.

Введение

Одной из важнейших проблем обеспечения эффективной и безопасной разработки угольных месторождений является



Н. В. Черданцев



С. В. Черданцев



В. С. Зыков

як и проявившихся в разрушении горных пород по некоторой поверхности на блоки со смещением либо без смещения их друг относительно друга [1].

прогноз последствий техногенного воздействия на массив горных пород. Особенно остро проблема проявляется при подземной разработке угольных пластов, когда горными выработками пересекаются опасные зоны, обусловленные влиянием на газо- и геодинамическое состояние массива геологических нарушений. Наиболее опасными среди них являются зоны дизъюнктивных нарушений, образовавшихся при наибольших тектонических воздействи-

Геомеханическое состояние массива горных пород в зонах влияния дизъюнктивных нарушений существенно отличается от состояния массива вне этих зон. Исходное поле напряжений массива в этих зонах было сильно искажено действовавшими в прошлом тектоническими силами. По этой причине из-за возникшей неравномерности распределения напряжений в массиве образовались как зоны разгрузки от горного давления, так и зоны повышенных напряжений.

Разгруженные зоны характеризуются наличием систем мелких регулярных трещин, называемых кливажем. Для массива осадочных горных пород кливаж – неперенный его атрибут. Эти трещины с течением времени закрываются и начинают проявляться в результате ведения горных работ. В газоносном угольном массиве трещины заполняются десорбирующим свободным газом под высоким давлением и являются газовыми коллекторами, т. е. своеобразными резервуарами скопления свободного газа. По этой причине они представляют опасность по суффлярным выделениям газа [2–4].

В то же время те участки зоны влияния дизъюнктивных нарушений, на которых напряжения в массиве возрастают, при прочих необходимых условиях представляют опасность по внезапным выбросам угля и газа и горным ударам.

В геомеханике все направления в массиве, связанные с любыми системами нарушений, по которым характеристики прочности породы существенно ниже, чем по другим направлениям, называют поверхностями ослабления. Такое свойство массива именуют прочностной анизотропией, и оно обусловлено наличием в массиве поверхностей ослабления.

Как было показано Г. Н. Кузнецовым, разрушения массива начинаются по поверхностям ослабления согласно условию [5, 6]:

$$|T_v| \geq T_0 = \sigma_v \operatorname{tg} \varphi + K, \quad (1)$$

где τ_v и σ_v – касательное и нормальное напряжения, действующие по поверхности ослабления; φ и K – угол внутреннего трения и коэффициент сцепления по этой поверхности; τ_0 – предельное касательное напряжение.

Однако массив, разрушаясь по поверхностям ослабления, может сохранять прочность породы, расположенной между поверхностями ослабления и называемой основной.

Области массива, в которых удовлетворяется условие (1), называют зонами нарушения сплошности (ЗНС). Наличие зон – показатель нарушенности массива и критерий его устойчивости. Размеры и конфигурация ЗНС определяют рациональные формы выработок, параметры их крепи, а также границы направленной фильтрации газа в углепородных массивах. В массивах с несколькими выработками ЗНС при определенных условиях интегрируются, что

приводит к образованию областей неустойчивости. Установление их размеров и конфигурации важно в оценке устойчивости массива при проведении системы горных выработок. Поэтому в качестве показателей при оценке геомеханического состояния массива горных пород следует принять зоны нарушения сплошности массива, которые достаточно наглядно представляют картину его дезинтеграции при техногенном воздействии.

Из сказанного следует, что проблема количественной оценки состояния массива, подверженного техногенному воздействию в зоне геологических нарушений, встает особенно остро.

В работе [7] разработана модель массива с выработкой и дизъюнктивным нарушением, в которой оно представлено узким прямоугольным вырезом типа щели. По берегам щели приложены силы трения, пропорциональные коэффициенту трения и действующим по ним нормальным напряжениям. Модель основана на методе фиктивных нагрузок. Ее суть изложена в [8], а применение при решении ряда задач геомеханики, в том числе и задачи о взаимном влиянии двух выработок, приведено в [9–11]. Однако отсутствие в модели характеристик жесткости заполнителя щели ограничивает ее применение для оценки состояния реального массива.

Поле напряжений в массиве с дизъюнктивным нарушением достаточно строго может быть построено в рамках механики деформируемого твердого тела в предположении, что реальный контакт крыльев этого нарушения представляется узкой прямолинейной щелью с заполнителем, деформирующимся упруго. Тогда отрезок контакта моделируется разрывом смещений, поверхности же разрыва – связанными пружиной, и деформирование элемента описывается одномерными соотношениями сжатия и сдвига, а величины разрывов смещений элементов контура щели могут быть определены методом разрывных смещений, в котором неизвестными величинами являются разрывы смещений поверхности щели [12].

Разработка модели

В массиве горных пород с регулярными поверхностями ослабления имеется тектоническое нарушение (в дальнейшем щель) размером b_n , сместитель которого наклонен к

горизонту под углом α_n и выработка прямоугольного сечения размерами $b \times h$, пройденная на глубине H . Массив моделируется невесомой плоскостью с полостью и вырезом, нагруженным гравитационным давлением γH (γ – средневзвешенный объемный вес налегающих пород), а по бокам – давлением $\lambda\gamma H$ (λ – коэффициент бокового давления) (рис. 1). Положение поверхности ослабления в пространстве, как и в [7–11], определяется углом падения α , который образован нормалью ν к поверхности ослабления и вертикальной осью z , и углом простирания β (определяется между трассой выработки (ось x) и проекцией на горизонтальную плоскость xy нормали ν).

Далее выбираются две системы координат: глобальная и локальная. Начало глобальной системы координат Oyz расположено в центре тяжести сечения выработки, а начало локальной системы $o_n z_n$ помещено в центре тяжести сечения щели (рис. 1). Ее положение в глобальной системе задано расстоянием δ между центрами O , O_n и углом α_n , представляющим собой угол между осью z и осью z_n .

Кроме этого принято:

1) трасса выработки и направление щели параллельны, а их размеры вдоль оси x значительно превосходят размеры в плоскости Oyz , в

силу чего можно считать, что породы в окрестности выработки и щели находятся в условиях плоской деформации и, следовательно, касательные напряжения τ_{xy} , τ_{zx} равны нулю.

2) сжимающие нормальные напряжения положительны, а растягивающие – отрицательны.

Для построения поля напряжений в массиве горных пород с регулярной системой поверхностей ослабления, вмещающего выработки, используется метод граничных элементов (МГЭ) в форме метода фиктивных нагрузок, а для массива с выработкой и щелью используется МГЭ в форме комбинации методов фиктивных нагрузок и разрывов смещений.

В этой связи система граничных уравнений на поверхностях выработки и щели состоит из четырех блоков. Первый блок включает уравнения метода фиктивных нагрузок, формулирующих условия на поверхности выработки. Второй блок ставит граничные условия на поверхности выработки от смещений на поверхности щели. Третий блок формулирует разрывы смещений на контуре щели от действия фиктивной нагрузки на контуре выработки. Четвертый блок включает уравнения метода разрывных смещений, формулирующих условия на контуре щели:

$$\left\{ \begin{aligned} & \frac{1}{2} A_{yi} - \sum_{j=1}^{N_b} (\Phi_{yy,ij} A_{y,j} + \Phi_{yz,ij} A_{z,j}) \Delta L_{b,i} + \sum_{j=1}^{N_n} (\Omega_{yy,ij} D_{y,j} + \Omega_{yz,ij} D_{z,j}) \Delta L_{b,i} = \lambda \gamma H \Delta L_{b,i} n_{yb,i}; \\ & \frac{1}{2} A_{zi} - \sum_{j=1}^{N_b} (\Phi_{zy,ij} A_{y,j} + \Phi_{zz,ij} A_{z,j}) \Delta L_{b,i} + \sum_{j=1}^{N_n} (\Omega_{zy,ij} D_{y,j} + \Omega_{zz,ij} D_{z,j}) \Delta L_{b,i} = \lambda \gamma H \Delta L_{b,i} n_{zb,i}; \\ & \sum_{j=1}^{N_b} (\Phi 1_{yy,ij} A_{y,j} + \Phi 1_{yz,ij} A_{z,j}) + K_s D_{y,i} + \sum_{j=1}^{N_n} \Psi_{ij} D_{y,j} = \frac{(1-\lambda)\gamma H}{2} \sin 2\alpha_n; \\ & \sum_{j=1}^{N_b} (\Phi 1_{zy,ij} A_{y,j} + \Phi 1_{zz,ij} A_{z,j}) + K_n D_{z,i} + \sum_{j=1}^{N_n} \Psi_{ij} D_{z,j} = \frac{(1-\lambda)}{2} + \frac{1-\lambda}{2} \cos 2\alpha_n \gamma H. \end{aligned} \right. \quad (2)$$

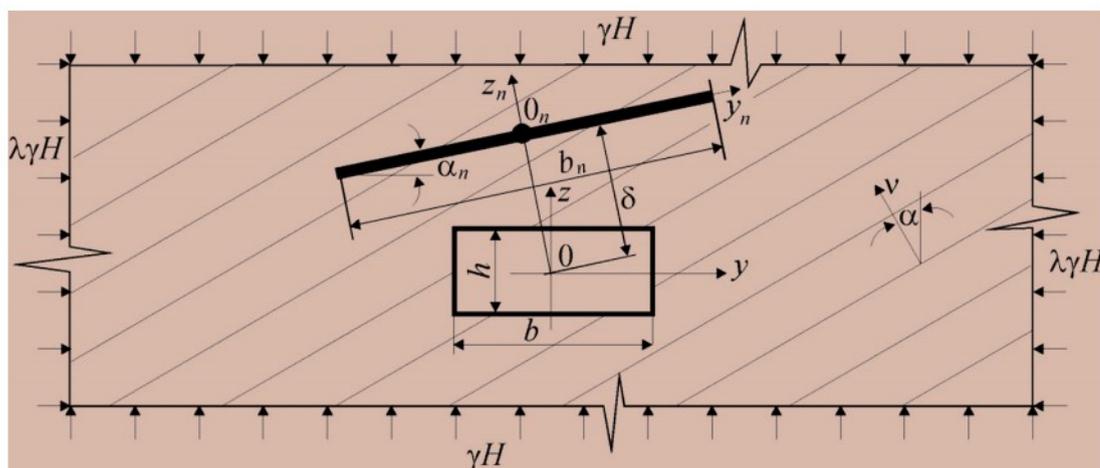


Рис. 1. Расчетная схема анизотропного массива с выработкой и щелью

В уравнениях (2) $\Delta L_{b,i}$ – размер i -го граничного элемента выработки; n_{yb}, n_{zb} – направляющие косинусы нормали к точкам контура выработки; $\Phi_{yy}, \Phi_{yz}, \Phi_{zy}, \Phi_{zz}$ – матрицы влияния фиктивной нагрузки на контуре выработки; $\Phi 1_{yy}, \Phi 1_{yz}, \Phi 1_{zy}, \Phi 1_{zz}$ – матрицы влияния фиктивной нагрузки на контуре щели; $\Omega_{yy}, \Omega_{yz}, \Omega_{zy}, \Omega_{zz}$ – матрицы влияния разрывов смещений на контуре выработки; Ψ – матрица влияния разрывов смещений на контуре щели. Матрицы $\Phi_{yy} \dots \Phi 1_{zz}$ определяются по формулам, приведенным в [13, 14], а матрицы $\Omega_{yy} \dots \Psi$ – по формулам, приведенным в [12].

Таким образом, система уравнений имеет порядок $2(N_b + N_n) \times 2(N_b + N_n)$ относительно неизвестных A_y, A_z, D_y, D_z , отыскав которые, определяем напряжения в произвольной точке k расчетной области путем суммирования напряжений от действия фиктивной нагрузки, разрывов смещений и напряжений естественного поля по формулам:

$$\sigma_{zk} = \sigma 1 \cdot A_{yi} + \sigma 2_{yi} \cdot A_{zi} + \sigma'_{yi} \cdot D_{yi} + \sigma''_{yi} \cdot D_{zi} + \lambda \gamma H; \quad (3)$$

$$\sigma_{zk} = \sigma 1_{zk} \cdot A_{yi} + \sigma 2_{zk} \cdot A_{zi} + \sigma'_{zk} \cdot D_{yi} + \sigma''_{zk} \cdot D_{zi} + \gamma H,$$

в которых величины $\sigma 1_y, \sigma 1_z, \tau 1_{yz}, \sigma 2_y, \sigma 2_z, \tau 2_{yz}$ являются компонентами фундаментального тензора напряжений в задаче Кельвина о единичных силах, действующих в направлении осей y, z в упругом пространстве, определяются по [13, 14]. Величины $\sigma'_y, \sigma'_z, \tau'_{yz}, \sigma''_y, \sigma''_z, \tau''_{yz}$ – компоненты напряжений от действия единичных разрывов смещений в направлениях осей y, z , определяются по формулам [12].

Результаты вычислительного эксперимента и их анализ

В рамках описанной модели проведен вычислительный эксперимент, за исходные данные в котором приняты следующие параметры массива, выработки и щели: $\lambda=0,7, \gamma=25 \text{ кН/м}^3, H=600 \text{ м}, b=3 \text{ м}, h=2 \text{ м}, b_n=30 \text{ м}, \alpha_n=0^\circ, \varphi=20^\circ, \alpha=30^\circ, \beta=60^\circ, K_n=0.4K_s$.

Другие параметры среды в ходе эксперимента изменялись.

Ниже представлены результаты исследования состояния анизотропного массива, вмещающего щель и выработку. Выработка расположена под щелью, их вертикальные оси совпадают. Коэффициент сцепления по

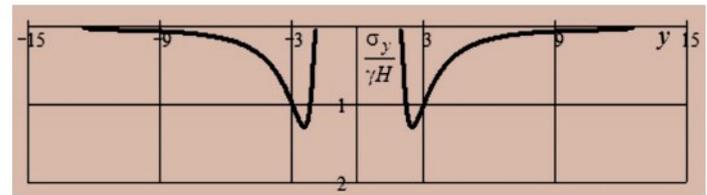


Рис. 2. Эпюра напряжений σ_y вдоль почвы щели при $\delta=0$

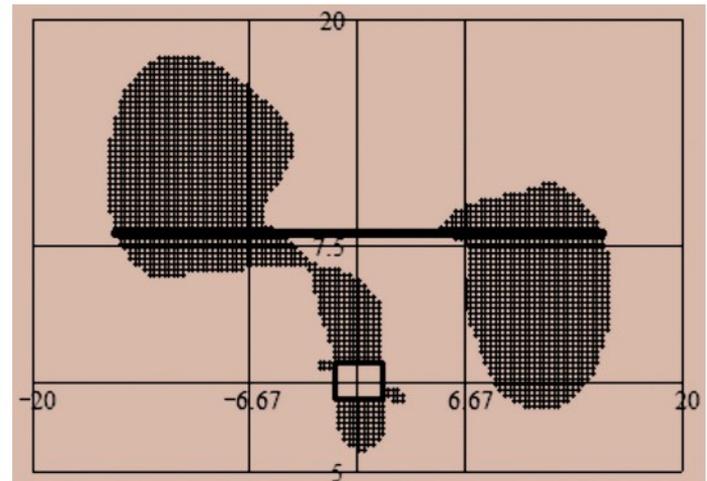


Рис. 3. Зоны нарушения сплошности в окрестности выработки и щели при $\delta=8.2 \text{ м}$

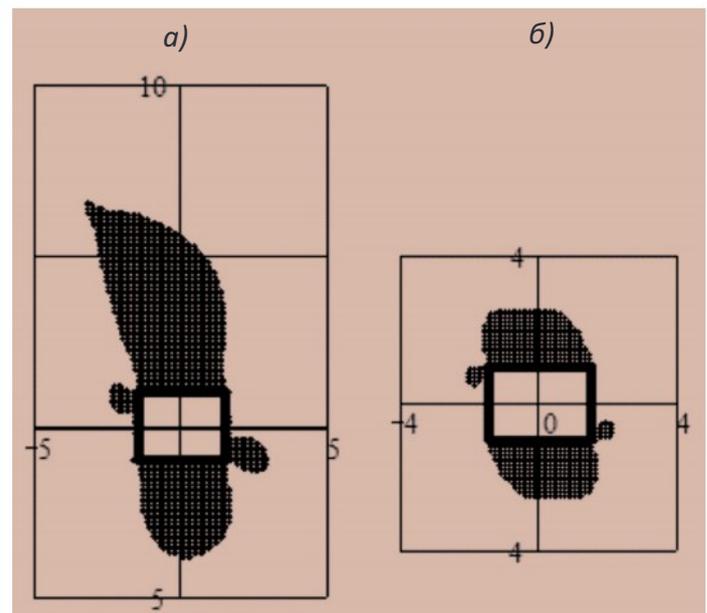


Рис. 4. Состояние выработки около щели (а) и около одиночной выработки (б)

поверхностям ослабления и по заполнителю составляет $K=0,05 \gamma H$, а коэффициент жесткости заполнителя $K_n=100 \text{ МПа/м}$.

На рис. 2 построена эпюра нормальных напряжений σ_y вдоль почвы щели, когда ее ось y_n совпадает с центральной осью y выработки ($\delta=0$). Из него следует, что на исследуемом интервале напряжения σ_y всюду растягивающие, а их максимальная величина составляет $1.292 \gamma H = 19.38 \text{ МПа}$, что превышает предел прочности на разрыв большинства горных пород. В силу этого в породах, находящихся в бортах выработки, появляются вертикальные

трещины разрыва, а области распространения растягивающих напряжений значительны и составляют 13 м, что в четыре с лишним раза превышает ее ширину.

На рис. 3 показаны результаты расчета, соответствующие значениям $\delta=8.2$ м. Из него следует, что на некотором удалении щели от выработки зоны нарушения сплошности массива сливаются в единую зону.

Для сравнения размеров зон на рис. 4а показаны выработка с ЗНС, выделенная из рис. 3, и рис. 4б, на котором показаны ЗНС около одиночной выработки.

Выводы

1. Разработанная модель геомеханического состояния анизотропного массива ориентирована на исследование массива осадочных горных пород, вмещающего выработку, проведенную вблизи геологического нарушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Букринский В. А. Геометрия недр. – М.: Недра, 1999. – 526 с.
2. Петухов И. М., Линьков А. М. Механика горных ударов и выбросов. – М.: Недра, 1983. – 280 с.
3. Зыков В. С. Внезапные выбросы угля и газа и другие газодинамические явления в шахтах. – Кемерово: ООО «Фирма ПОЛИГРАФ», 2010. – 334 с.
4. Чернов О. И., Пузырев В. Н. Прогноз внезапных выбросов угля и газа. – М.: Недра, 1979. – 296 с.
5. Кузнецов Г. Н. Предельные состояния твердых горных пород с учетом пространственной ориентировки поверхностей ослабления // Тр. ВНИМИ.–Л., 1961. № 43. С. 98–112.
6. Кузнецов Г. Н. Графические методы оценки предельных состояний трещиноватого массива вокруг горных выработок // Современные проблемы механики горных пород. – Л.: Наука, 1972. С. 30–44.
7. Черданцев Н. В., Зыков В. С. Влияние дизъюнктивно-го нарушения на геомеханическое состояние вмещающего массива горных пород // Безопасность труда в промышленности. – 2014. № 7. С. 68–73.
8. Черданцев Н. В., Преслер В. Т., Ануфриев В. Е. Вопросы методического и инструментального обеспечения

2. При сооружении выработки в непосредственной близости от щели в массиве возникают растягивающие напряжения, способные привести к появлению трещин разрыва. Наибольшей величины они достигают при пересечении выработкой щели на уровне ее горизонтальной центральной оси. Если расстояние между щелью и выработкой превышает ширину последней, то в массиве действуют только сжимающие напряжения.

3. В массиве с регулярной прочностной анизотропией при определенной ее ориентации зоны нарушения сплошности массива, образующиеся около щели и выработки, перекрывают области растягивающих напряжений. Размеры этих зон значительны и при определенных расстояниях между щелью и выработкой сливаются в единую зону, существенно увеличивая вероятность возникновения геодинамических явлений.

мониторинга горных выработок. – Кемерово, ИУ СО РАН, 2012. – 222 с.

9. Черданцев Н. В., Балашов О. Ю. Исследование геомеханического состояния массива горных пород с прочностной анизотропией и системой двух протяженных выработок сводчатого сечения // Маркшейдерский вестник. – 2016. № 1. С. 44–47.
10. Черданцев Н. В., Черданцев С. В. Зоны нарушения сплошности в области сопряжения двух горных выработок // Прикладная механика и техническая физика. – 2004. № 4. С. 137–139.
11. Черданцев С. В., Черданцев Н. В. О влиянии предварительно обжатой пружины на зону нарушения сплошности вокруг цилиндрической полости // Прикладная механика и техническая физика. – 2005. № 3. С. 141–148.
12. Крауч С., Старфилд А. Методы граничных элементов в механике твердого тела. – Мир, 1987. – 328 с.
13. Лурье А. И. Теория упругости. – М.: Наука, 1970. – 940 с.
14. Работнов Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука, 1988. – 712 с.

Черданцев Николай Васильевич, д-р техн. наук, зав. лабораторией геомеханики угольных месторождений, Институт угля Федерального исследовательского центра угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук, тел.: +7 (3842) 74-15-57, E-mail: cherdancevn@bk.ru;

Черданцев Сергей Васильевич, д-р техн. наук, вед. науч. сотрудник, АО «Научный центр ВостНИИ по безопасности работ в горной промышленности», тел.: +7 (913) 296-55-91, E-mail: svch01@yandex.ru;

Зыков Виктор Семенович, д-р техн. наук, профессор, зав. лабораторией прогноза и предотвращения внезапных выбросов угля и газа и других газодинамических явлений, Научно-исследовательский институт горной геомеханики и маркшейдерского дела – Межотраслевой научный центр ВНИМИ, Кемеровский филиал, тел. раб.: +7 (3842) 58-00-40, сот.: +7 (903) 067-63-08, E-mail: vnimizvs@mail.ru

УДК 622.83.551.252

Б. Ю. Зуев, С. В. Цирель, М. Е. Мельницкая, Р. И. Истомин

ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ОБРУШЕНИИ ПОРОД КРОВЛИ

Статья посвящена исследованиям обрушения основной кровли при отработке сближенных пластов с помощью физического моделирования. Полученные результаты позволяют рассчитывать на более широкое использование сейсмоакустического мониторинга динамических процессов при отработке угольных и рудных месторождений.

Ключевые слова: физическое моделирование; обрушение основной кровли; динамические явления; сейсмоакустический контроль; подобие динамических процессов; мониторинг.

B. Yu. Zuev, S. V. Tsirel', M. E. Mel'nickaja, R. I. Istomin

PHYSICAL MODELING OF GEOMECHANICAL PROCESSES DURING COLLAPSE OF THE ROOF

The article is devoted to the investigation of the collapse of the main roof during the mining of contiguous seams by means of physical modeling. The received results allow to count on wider use of seismoacoustic monitoring of dynamic processes at mining of coal and ore deposits.

Keywords: physical modeling; collapse of the main roof; dynamic phenomena; seismoacoustic control; similarity of dynamic processes; monitoring.



Б. Ю. Зуев



С. В. Цирель



М. Е. Мельницкая



Р. С. Истомин

Одним из важнейших динамических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых является обрушение основной кровли при отработке угольных месторождений длинными столбами. Исследованиями обрушений кровли, особенно труднообрушаемой, занимались многие исследователи, тем не менее этот процесс нельзя считать до конца изученным. Особенно сложен случай обрушения при отработке сближенных пластов, так как динамические явления на одном пласте оказывают влияние на состояние кровли другого пласта. В то же время данный процесс можно считать модельным для исследования других динамических явлений, так как это – регулярное явление.

В настоящее время для контроля за региональной геодинамической обстановкой

на шахтах устанавливаются системы непрерывного сейсмического контроля, в России – это в первую очередь система ГИТС (ВНИМИ). Однако сейсмический контроль в диапазоне частот от единиц до сотен Герц для изучения процессов в основной кровле является недостаточно тонким инструментом: плохо идентифицируют предвестники обрушений, определяет начало процесса с точностью до десятков метров.

Более подходящим инструментом для изучения процессов обрушения является стационарный или полустационарный сейсмоакустический контроль в диапазоне от сотен Герц и первых десятков килоГерц. Он позволяет фиксировать процесс развития трещин, как приводящих к обрушению, так и вызванных им.

В проведенной работе исследовался процесс обрушения кровли при отработке сближенных пластов с помощью физического моделирования, как с целью лучшего понимания самого процесса, так и с целью отработки методики исследований других, менее регулярных динамических явлений.

В работе применялся целый комплекс методов измерений состояния породного массива – от измерения смещений до тепловых процессов, но рамках данной статьи мы сосредоточимся на сейсмоакустике или, точнее, на акустической эмиссии (АЭ). Как показано в работе [1], для процессов, развивающихся под действием сил тяжести, равномерно ускоренных движений в жестко-пластичных элементах, распространения упругих (акустических) волн, коэффициенты временного и скоростного подобия α_T и α_V определяется по одной и той же формуле: $\alpha_T = \alpha_V = \sqrt{\alpha_L}$. Таким образом, при линейном масштабе моделирования порядка 10^2 $\alpha_T \approx 10$, т. е. наш основной частотный диапазон измерений составляет килоГерцы и десятки килоГерц.

Вместе с тем сейсмоакустический метод мониторинга имеет ряд недостатков. Прежде всего, это – неоднозначность интерпретации результатов анализа акустических сигналов по интенсивности, скорости прохождения и частотным характеристикам, на которые помимо трещин может влиять эволюция и подвижки структурных элементов массива, изменение уровня НДС, обводненность массива и т. д.

Исследования метода на физической модели с параллельной скоростной видеосъемкой и измерением множества других параметров позволяют лучше понять природу сейсмоакустических сигналов. Метод физического моделирования на эквивалентных материалах (ЭМ) позволяет обеспечить воспроизведение основных исходных структурных и физико-механических параметров горного массива в соответствии с единым критерием динамического подобия, тех или иных горных работ, а также исследование различных физических и геофизических полей в зависимости от влияния тех или иных влияющих факторов. При этом, в отличие от природы, в лабораторных условиях параметры каждого из этих факторов могут быть заданы и проконтролированы

самим исследователем, а их влияние может быть оценено как по отдельности, так и по совокупности.

Впервые исследования АЭ в сплошных и блочных моделях из ЭМ при изменении НДС были проведены во ВНИМИ в 1997–1999 гг. [2, 3]. При этом решались задачи определения уровня АЭ с отдельной обработкой слабых и сильных сигналов в диапазоне частот от 0,1 до 10 КГц; скорости распространения упругих волн в моделях из ЭМ путем компьютерной обработки сигналов с двух акустических датчиков, один из которых расположен вблизи источника импульсного воздействия, другой – по исследуемому направлению; координат очагов разрушения в сплошных моделях из ЭМ с помощью 5-канальной измерительной системы, включающей пьезокерамические датчики, усилители, компьютер 486 DX2-66 и АЦП, обеспечивающий ввод сигналов в компьютер.

В результате проведенных геофизических исследований было установлено, что:

- модели из ЭМ на основе кварцевого песка и эпоксидных смол при нагружении выделяют АЭ, коррелирующую с уровнем НДС модели, что позволяет контролировать процесс ее деформирования;
- характер изменения слабых и сильных сигналов в модельных и натуральных образцах при изменении НДС носит сходный характер;
- между скоростью распространения упругих волн V и частотой собственных колебаний F установлена прямо пропорциональная зависимость, а между этими характеристиками и величиной коэффициента затухания α – обратная (рис.1);
- акустическая прозрачность границ возрастает с уменьшением размеров контактирующих блоков;
- величина АЭ при увеличении геометрических размеров очистной выработки изменяется ступенчатым образом с тенденцией к росту интенсивности;
- точность определения координат очагов разрушения составила ± 8 см.

К недостаткам проведенных исследований относится неполное обоснование подобия воспроизводимых динамических явлений и скоростей распространения акустических сигналов, отсутствие данных об амплитудно-

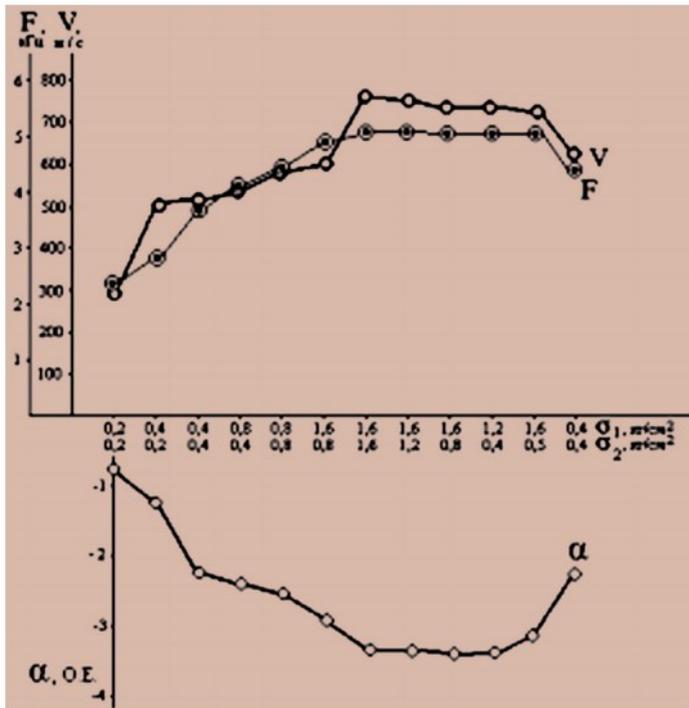


Рис. 1. Зависимость геофизических параметров модели от уровня НДС

частотных характеристиках сигналов АЭ и низкая частота дискретизации, не позволяющая обеспечить приемлемую точность локации. Для усовершенствования методики исследований предлагается использовать при подборе ЭМ комплексное условие подобия, для взаимного тестирования данных о расположении (локации) очагов разрушения – данные компьютерной обработки смещений реперных марок, а также значительно повысить частоту оцифровки измерительных каналов.

В качестве реального объекта для физического моделирования была выбрана шахта Талдинская Западная-1 Киселевского сегмента актива СУЭК Кузбасс. При этом в масштабе 1:87 моделировалась отработка одного из двух сближенных угольных пластов, залегающих на глубине 400–420 м, с полным обрушением кровли.

Параметры моделируемого горного массива и расчетные параметры модели соответ-

ствовали типовым условиям на передовых шахтах Кузнецкого бассейна (табл. 1).

Подобие динамических процессов обеспечивалось путем подбора материалов, удовлетворяющих условию комплексного подобия: одновременного выполнения определяющего критерия подобия для прочностных характеристик ЭМ и модулей деформации (при соблюдении подобия всей кривой деформирования выполняется и условие подобия модулей упругости или секущих модулей):

$$R_{сжм} = R_{сжн} \cdot \alpha_l \cdot \alpha_\rho;$$

$$E_M = E_H \cdot \alpha_l \cdot \alpha_\rho \text{ или } \alpha_\sigma = \alpha_E = \alpha_l \cdot \alpha_\rho.$$

Тогда

$$\alpha_\varepsilon = \frac{\varepsilon_M}{\varepsilon_H} = 1 \quad (\varepsilon_M = \varepsilon_H = \varepsilon);$$

$$\frac{F_M}{F_H} = \alpha_\varepsilon \cdot \alpha_s \cdot \alpha_E = 1 \cdot \alpha_l^3 \cdot \alpha_l \cdot \alpha_\rho.$$

Сравним полученную формулу с критерием динамического подобия Ньютона:

$$\alpha_l^3 \cdot \alpha_a \cdot \alpha_\rho = \alpha_l^3 \cdot \alpha_\rho.$$

Это уравнение выполняется в единственном случае равенства ускорений в модели и натуре при одновременном воздействии упругих и гравитационных сил:

$$\alpha_a = \alpha_m / \alpha_n = 1.$$

Как уже было показано, для процессов, развивающихся под действием сил тяжести, равномерно ускоренных движений в жесткопластичных элементах, распространения упругих (акустических) волн, коэффициенты временного и скоростного подобия α_t и α_v определяется по одной и той же формуле: $\alpha_t = \alpha_v = \sqrt{\alpha_l}$.

Это условие выполняется при подборе ЭМ с модулями упругости, соответствующими комплексному условию подобия:

Таблица 1

Параметры горного массива и расчетные параметры модели

№ п/п	Наименование параметра	Численное значение параметра в натуре	Численное значение параметра в модели
1	Прочность угольных пластов	10 МПа	0,064 МПа
2	Модуль упругости угольных пластов	2000 МПа	12,8 МПа
3	Мощность угольных пластов	3 м	0,034 м
4	Прочность вмещающих пород	50 МПа	0,32 МПа
5	Модуль упругости вмещающих пород	25000 МПа	160 МПа
6	Мощность вмещающих пород	2-4 м	0,023-0,046 м

$$E_M = E_H \cdot \alpha_l \cdot \alpha_p.$$

При равенстве коэффициентов Пуассона можно определить скорости и масштаб скоростей:

$$V_M = (E_M / \rho_M)^{0,5}; V_H = (E_H / \rho_H)^{0,5}; \alpha_V = V_M / V_H = \sqrt{\alpha_L}.$$

Таким образом подобранные ЭМ (табл. 1) обеспечивают подобие скоростей распространения акустических сигналов в соответствующие временные промежутки, что позволяет говорить о корректности перенесения результатов локации очагов генерирования АЭ на натурные условия.

Для анализа закономерностей развития акустической эмиссии и процессов макроразрушения выбран процесс при первом обрушении кровли нижнего пласта, соответствующий временному интервалу $t = 0 - 1$ сек.

Схема модели с расположенными в ней акустическими датчиками GT-300, подключенными к модулям LTR 22 с частотой дискретизации 70 кГц (обозначены АД1-АД5) до обрушения, приведена на рис. 2. Для детального анализа прохождения акустических колебаний было выбрано время $t = 0,02$ сек. Картина трещинообразования, соответствующая этому моменту, приведена на рис. 3, на котором обозначены основные трещины, образующиеся при обрушении модели (Т1-Т4). Фиксация процессов трещинообразования производилась с помощью скоростной камеры NAC НХ-3 со скоростью съемки 5000 кадров/сек. Проведенная синхронизация показаний между скоростным видеорегистратором и информационно-измерительной системой на базе LTR-крейта с модулями LTR-22 позволила установить временные интервалы между временем возникновения отдельных трещин ($t = 0$) и временем прихода акустической волны к акустическим датчикам. Пример выходного сигнала с датчика АД2 показан на рис. 4.

Результаты наших исследований разделим на две группы.

Первая группа – это непосредственные наблюдения за самим исследуемым процессом. Они показывают, что в начале произошло обрушение непосредственной кровли, затем – образование трещин Т1 и Т2 в кровле верхнего пласта и Т3, Т4 в междупластии угольных пластов (рис. 3).

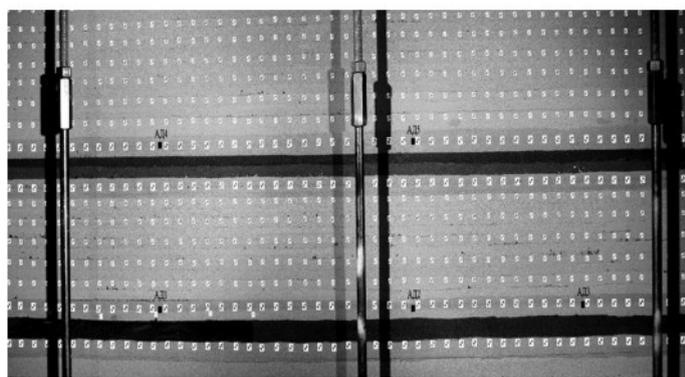


Рис. 2. Схема расположения акустических датчиков в модели до первого обрушения кровли: АД1-АД3 – датчики в кровле нижнего пласта, АД4-АД5 – в кровле верхнего пласта

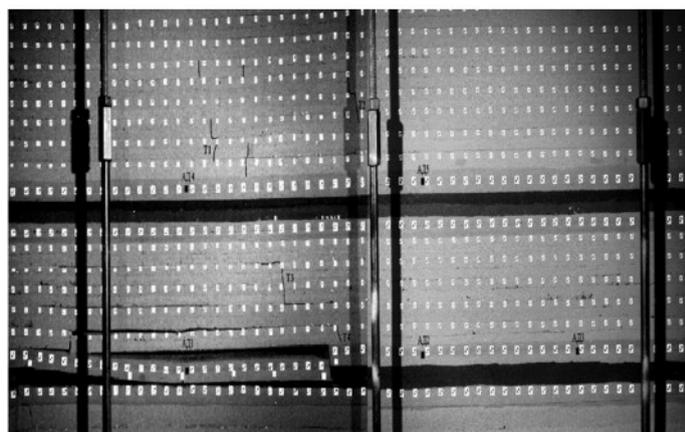


Рис. 3. Схема расположения трещин в модели, зарегистрированных акустическими датчиками в момент времени $t=0,02$ сек (Т1-Т4 – условные обозначения трещин)

После этого произошло расслоение в междупластии и его частичное обрушение в выработанное пространство. Затем произошла полная осадка кровли с образованием и расширением трещин в кровле верхнего пласта вплоть до верхней поверхности модели. При этом длительность основной динамической фазы процесса составляет

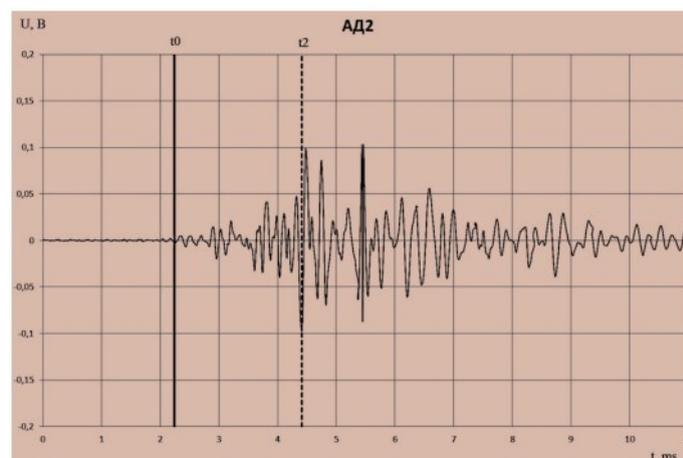


Рис. 4. Выходной сигнал с датчика АД2 (t_0 – время прихода акустической волны к датчику, t_2 – время максимума волны)

(в пересчете на натуру) первые десятки миллисекунд, однако процесс на этом не заканчивается и далее следует более длительная фаза роста трещин.

Остальные результаты относятся к методике наблюдений и возможности ее распространения на другие, менее регулярные динамические явления не только на угольных, но и на рудных месторождениях.

Анализ результатов проведенных исследований позволил сделать следующие выводы:

Акустические датчики GT-300 и информационно-измерительная система обеспечивают получение информации об интенсивности акустических сигналов и о времени прохождения акустических колебаний через различные участки модели с учетом их нарушенности.

При принятой схеме расположения датчиков были определены временные интервалы прохождения акустических колебаний от трещин при первом обрушении основной кровли нижнего пласта по 4 акустическим датчикам (5-й акустический датчик оказался в блоке непосредственной кровли, изолированной от вмещающих пород воздушными полостями).

Анализ обобщающего графика (рис. 5) по времени прохождения акустической волны показывает, что для всех датчиков время прихода t_0 составляет от 0,52 до 3,36 мс, а время прихода максимума – от 1,74 до 5,94 мс.

Взаимное тестирование методов определения расположения трещин обеспечивает

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глушихин Ф. П., Кузнецов Г. Н., Шклярский М. Ф. и др. Моделирование в геомеханике. – М.: Недра, 1991. – 240 с.
2. Яковлев Д. В., Тарасов Б. Г., Зуев Б. Ю. Физическое моделирование геодинамических процессов разрушения горных пород в блочных массивах. Сб. на-

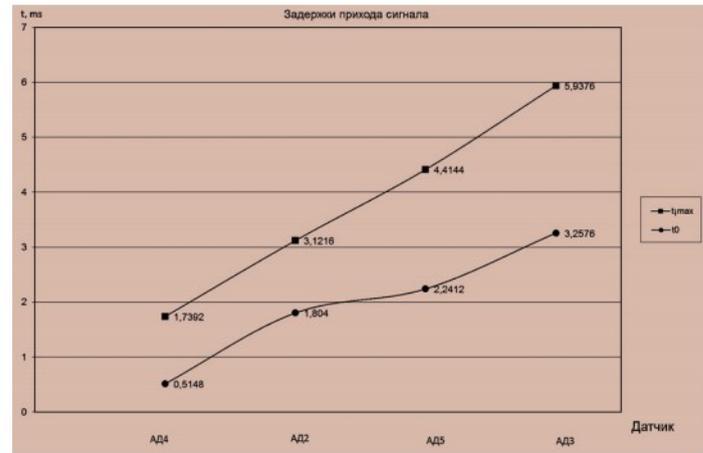


Рис. 5. Обобщенный график времени прихода и максимума акустической волны к различным датчикам (t_0 – время прихода акустической волны к датчику, t_{max} – время прихода максимума волны)

получение более надежных оценок трещинообразования и проверку точности локации.

Увеличение частоты дискретизации до 70 кГц потенциально позволяет увеличить точность расположения очага (источника) АЭ до 1–2 см.

Расположение датчиков АЭ в «теле» модели, а не только на ее поверхности позволяет, при наличии достаточно большого количества датчиков, повысить точность локации очагов в блочном массиве путем выборочного анализа сигналов в пределах одного блока.

Полученные результаты исследований позволяют рассчитывать на расширение возможностей сейсмоакустического мониторинга динамических процессов при отработке угольных и рудных месторождений.

учн. тр. «Проблемы геодинамической безопасности. II Международное совещание» СПб.: ВНИМИ, 1997 г. – С. 302–307.

3. Яковлев Д. В., Тарасов Б. Г., Зуев Б. Ю. Моделирование геомеханических процессов // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 1999. № 2. С. 222–226.

Зуев Борис Юрьевич, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник, зав. лаборатории моделирования, тел.: +7 (812) 328-90-49;

Цирель Сергей Вадимович, д-р техн. наук, гл. науч. сотрудник лаборатории геодинамики, тел.: +7 (911) 29-73-51, E-mail: tsirel58@gmail.com;

Мельницкая Милитина Евгеньевна, аспирант, инженер лаборатории эквивалентных материалов, тел.: +7 (981) 9598-80-79, E-mail: Melnitskaya.prmpi@mail.ru;

Истомин Руслан Сергеевич, канд. техн. наук, ст. науч. сотрудник лаборатории моделирования, тел.: +7 (812) 328-90-49

(Научный Центр геомеханики и проблем горного производства, Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург)

УДК 622.235.535.2

А. П. Господариков, Я. Н. Выходцев

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ СЕЙСМОВЗРЫВНЫХ ВОЛН НА СЛОИСТЫЙ ГОРНЫЙ МАССИВ, ВКЛЮЧАЮЩИЙ ГОРНУЮ ВЫРАБОТКУ

В статье изложены результаты математического моделирования воздействия сейсмозрывных волн на горную выработку. Для численного решения методом конечных разностей сформулированной краевой задачи в работе построена оригинальная расчетно-разностная схема, а применением метода расщепления позволяет свести двумерную краевую задачу к решению пространственно одномерных дифференциальных уравнений. Представлены численные результаты решения модельной краевой задачи.

Ключевые слова: горная выработка; математическая модель; сейсмозрывная волна; слоистая неоднородная среда.

A. P. Gospodarikov, Ia. N. Vykhodtcev

ONE APPROACH TO THE MATHEMATICAL MODELLING OF SEISMIC WAVES GENERATED BY BLASTING OPERATIONS AND THEIR EXPOSURE TO THE STRATIFIED ROCK MASS SURROUNDING THE EXCAVATION

This paper gives some results of mathematical modelling of seismic-blast waves and their exposure to the excavation. In this work original calculation scheme is built for numerical solution by finite difference method of given boundary problem. Apply of strang splitting method allows to simplify two-dimensional boundary problem to one-dimensional space differential equations.

Keywords: excavation; mathematical model; seismic-blast wave; difference scheme; numerical algorithm; laminal inhomogeneous rock mass.

В качестве математической модели воздействия сейсмозрывных волн на горную выработку в работе используются уравнения динамической теории упругости Мизеса [1-3], записанные в криволинейных координатах (рис. 1).



А. П. Господариков

На рис. 1 введены следующие обозначения: x – расстояние MM_1 от точки M до границы горной выработки; y – длина дуги Γ , отсчитываемая от точки O до точки M_1 ; O – точка встречи фронта S_1 падающей волны с граничной поверхностью горной выработки; сплошная линия обозначает границу выработки, пунктирные линии – границы слоев; N – количество слоев. Наружному слою соответствует порядковый номер 1.



Я. Н. Выходцев

Используя уравнения динамической теории упругости в координатах Мизеса с учетом их некоторых модификаций, для каждого слоя имеем следующую систему дифференциальных уравнений в частных производных [2]:

$$\begin{cases} \frac{\partial v_1^i}{\partial t} = \frac{\partial \sigma_{11}^i}{\partial x} + \frac{1}{H} \frac{\partial \sigma_{12}^i}{\partial y} + \frac{1}{H} \frac{\partial H}{\partial x} (\sigma_{11}^i - \sigma_{22}^i); \\ \frac{\partial v_2^i}{\partial t} = \frac{\partial \sigma_{12}^i}{\partial x} + \frac{1}{H} \frac{\partial \sigma_{22}^i}{\partial y} + \frac{2}{H} \frac{\partial H}{\partial x} \sigma_{12}^i; \\ \frac{\partial \sigma_{11}^i}{\partial t} = \frac{\partial v_1^i}{\partial x} + \frac{(1-2b^i)}{H} \frac{\partial v_2^i}{\partial y} + \frac{(1-2b^i)}{H} \frac{\partial H}{\partial x} v_1^i; \\ \frac{\partial \sigma_{22}^i}{\partial t} = (1-2b^i) \frac{\partial v_1^i}{\partial x} + \frac{1}{H} \left(\frac{\partial v_2^i}{\partial y} + \frac{\partial H}{\partial x} v_1^i \right); \\ \frac{\partial \sigma_{12}^i}{\partial t} = b^i \left(\frac{1}{H} \frac{\partial v_1^i}{\partial y} + \frac{\partial v_2^i}{\partial x} - \frac{1}{H} \frac{\partial H}{\partial x} v_2^i \right); (i=1, 2, \dots, N), \end{cases} \quad (1)$$

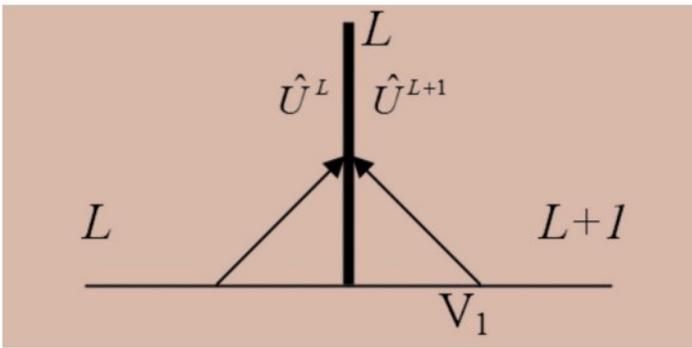


Рис. 2. Схема постановки краевых условий на границе слоев

$$\begin{cases} b \cdot \hat{\sigma}_{11}^L = \hat{\sigma}_{11}^{L+1}; \\ b \cdot \hat{\sigma}_{12}^L = \hat{\sigma}_{12}^{L+1}; \\ a \cdot \hat{v}_1^L = \hat{v}_1^{L+1}; \\ a \cdot \hat{v}_2^L = \hat{v}_2^{L+1}, \end{cases} \quad (4)$$

где через $\hat{\sigma}, \hat{v}$ обозначены значения соответствующих параметров (компонент тензора напряжений и вектора скорости) на обеих сторонах границы L слоев L и $L+1$, $a = \frac{c^L}{c^{L+1}}$;

$$b = a^2 \frac{\rho^L}{\rho^{L+1}}.$$

Запишем граничные условия (4) в матричной форме:

$$Z \cdot \hat{U} = 0,$$

где $\hat{U} = \begin{pmatrix} \hat{U}^{L+1} \\ \hat{U}^L \end{pmatrix}$, $\hat{U}^L = \begin{pmatrix} \hat{v}_1^L \\ \hat{v}_2^L \\ \hat{\sigma}_{11}^L \\ \hat{\sigma}_{22}^L \\ \hat{\sigma}_{12}^L \end{pmatrix}$, $\hat{U}^{L+1} = \begin{pmatrix} \hat{v}_1^{L+1} \\ \hat{v}_2^{L+1} \\ \hat{\sigma}_{11}^{L+1} \\ \hat{\sigma}_{22}^{L+1} \\ \hat{\sigma}_{12}^{L+1} \end{pmatrix}$,

$$Z = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -a & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -a & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -b & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -b \end{pmatrix}.$$

Для определения всех компонент вектора неизвестных \hat{U} необходимо привлечь условия сохранения инвариантов Римана [1-3]:

$$\begin{cases} \hat{V}_1^{L+1} = V_1^{L+1} \\ \hat{V}_2^{L+1} = V_2^{L+1} \\ \hat{V}_3^{L+1} = V_3^{L+1} \end{cases}; \begin{cases} \hat{V}_3^L = V_3^L \\ \hat{V}_4^L = V_4^L \\ \hat{V}_5^L = V_5^L \end{cases},$$

при этом векторы $\hat{V} = \begin{pmatrix} \hat{V}_1^{L+1} \\ \hat{V}_2^{L+1} \\ \hat{V}_3^{L+1} \\ \hat{V}_3^L \\ \hat{V}_4^L \\ \hat{V}_5^L \end{pmatrix}$ и \hat{U} связаны

соотношением вида $\hat{V} = \Omega \cdot \hat{U}$, где

$$\Omega = \begin{pmatrix} \Lambda_{1-3}^{L+1} & 0 \\ 0 & \Lambda_{3-5}^L \end{pmatrix}, \quad \Lambda^i = \begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & -\psi & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -\delta & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \psi & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} - \text{матрица}$$

левых собственных векторов матрицы B^i , $\psi = \sqrt{b^i}$, $\delta = 1 - 2b^i$, $b^i = \frac{1 - 2v^i}{2(1 - 2v^i)}$.

С введением матрицы $\Pi = \begin{pmatrix} \Omega \\ Z \end{pmatrix}$ система для определения компонент вектора неизвестных \hat{U} в матричной форме имеет вид:

$$\Pi \cdot \hat{U} = \Omega^0 \cdot U,$$

где $U = \begin{pmatrix} v^L & v^L & \sigma^L & \sigma^L & \sigma^L & v^L & v^L \\ \sigma^L & \sigma^L & \sigma^L \end{pmatrix}^T$ - вектор, компонентами которого являются значения соответствующих величин в ячейках, примыкающих к границе слоев L и $L+1$; $\Omega^0 = \begin{pmatrix} \Omega \\ 0 \end{pmatrix}$.

В результате окончательно находим:

$$\hat{U} = \Pi^{-1} \cdot \Omega^0 \cdot U. \quad (5)$$

Для организации численного счета вводим фиктивные ячейки: $S_{0,p}^L$ - для слоя L и $S_{J^{L+1},p}^{L+1}$ - для слоя $L+1$; далее полагаем

$$U_{0,k}^L = \hat{U}_k^L, k=1,2,..5; U_{J^{L+1},k}^{L+1} = \hat{U}_k^L, k=6,7,..10.$$

Для решения поставленной краевой задачи используем пошаговый алгоритм. Если на временном слое, отвечающему моменту времени $t = t'$, состояние среды уже известно, то для перехода на следующий временной слой $t = t' + \tau$ необходимо с помощью (5) заполнить все фиктивные ячейки, а затем воспользоваться соотношением (3). При каждом таком переходе протяженность расчетной области уменьшается на одну ячейку в направлении оси Ox . Поэтому, если требуется построить решение в произвольном прямоугольнике $\begin{cases} x \in [0, x^1] \\ y \in [0, 1] \end{cases}$ для всех значений $t \in [0, T]$, то начальная расчетная область должна, по крайней

мере, занимать прямоугольник $\begin{cases} x \in [0, x^1 + T] \\ y \in [0, 1] \end{cases}$.

Для иллюстрации изложенного численного алгоритма в работе представлены результаты

решения модельной краевой задачи со следующими параметрами: горная выработка рассматривается в форме сложной фигуры с размерами по вертикали 6,5 м, по горизонтали 8 м (рис. 3, слева). Выработка расположена в трехслойной среде, параметры которой представлены в табл. 1 в последовательности от внешнего слоя к внутреннему. Эюра падающей волны также изображена на рис. 3, справа.

В работе построена математическая модель воздействия сейсмозрывной волны на неоднородный слоистый массив горных пород, включающий выработку произвольного назначения и очертания. Несмотря на линейность краевой задачи, последняя потребовала

Таблица 1

Параметры слоев

№	Е, ГПа	ρ , кг/м ³	ν	Н, м
1	49,66	2800	0,22	2
2	57,9	2700	0,35	2
3	105	2760	0,26	2

оригинальной расчетно-разностной схемы, эффективного численного алгоритма и вычислительной программы. Решения модельных задач позволяют сделать вывод об адекватности описания процесса воздействия сейсмозрывных волн на подземные сооружения.

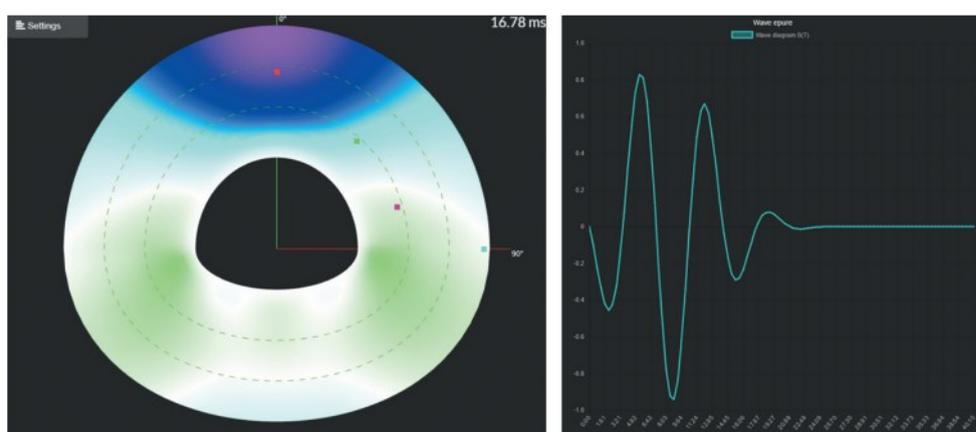


Рис. 3. Визуализация динамического процесса с реперными точками (слева) и эюра волны (справа)



Рис. 4. Визуализация сценария: реперные точки и графики скоростей (слева), графики напряжений (справа)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годунов С. К. Численное решение многомерных задач газовой динамики / С. К. Годунов, А. В. Забродин, М. Я. Иванов, А. Н. Крайко, Г. Н. Прокопов. М.: Наука, 1976. – 400 с.
2. Новожилов В. В. Теория упругости. Л.: СУДПРОМГИЗ. 1958. – 371 с.
3. Шемякин Е. И. Динамические задачи теории

- упругости и пластичности. Новосибирск: НГУ, 1968. – 337 с.
4. Бестужева А. Н. Методические принципы математического моделирования физических процессов в сложных системах / А. Н. Бестужева, В. В. Карпенко, Г. А. Колтон // Новые технологии в образовательном процессе. – 1998. № 5. С. 95–100.

Господариков Александр Петрович, д-р техн. наук, профессор кафедры высшей математики, тел.: +7 (812) 328-82-31, E-mail: kafmatem@sptmi.ru;
Выходцев Ярослав Николаевич, аспирант кафедры взрывного дела, тел.: +7 (953) 358-82-88, E-mail: mm1000@list.ru
 (Санкт-Петербургский горный университет)

60 ЛЕТ ГРИЦКОВУ ВИКТОРУ ВЛАДИМИРОВИЧУ



21 июля 2017 года отмечает юбилей исполнительный директор Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России» Грицков Виктор Владимирович.

После окончания в 1980 году физико-технического факультета Московского горного института по специальности «горный инженер-физик» Виктор Владимирович начал свою трудовую деятельность в должности горного мастера Березовского разрезостроительного управления комбината «КЭТЭ Куглестрой» ВО «Союзстройтэк». До 1986 года участвовал в строительстве угольного разреза Березовский-1, работал как на подземных, так и на открытых работах в должностях горного мастера, заместителя начальника участка, горного диспетчера.

В 1986 году поступил на работу в центральный аппарат Госгортехнадзора СССР на должность старшего инженера-инспектора. В системе Госгортехнадзора СССР – Госгортехнадзора России – Ростехнадзора проработал до 2006 года, пройдя ряд должностей

вплоть до начальника Управления по надзору за охраной и геолого-маркшейдерского контроля. В 2004–2006 годах работал заместителем начальника укрупненного Управления горного надзора, затем Управления государственного горного и металлургического надзора, курировал вопросы охраны недр и геолого-маркшейдерского контроля.

Глубокие практические знания горного производства, многолетний опыт надзорной деятельности, большие организаторские способности позволили Виктору Владимировичу внести большой личный вклад в совершенствование законодательства о недрах в области геологического изучения, рационального и комплексного освоения месторождений полезных ископаемых, в совершенствование деятельности органов государственного горного надзора и повышение ее эффективности.

Грицков В. В. является одним из основных авторов действующих нормативно-методических документов в области геолого-маркшейдерского обеспечения горных работ, охраны недр и безопасного недропользования, активным участником разработки ряда постановлений Правительства Российской Федерации, включая проекты Положения «Об утверждении Правил подготовки, рассмотрения и согласования планов и схем развития горных работ по видам полезных ископаемых», Положения «Об утверждении Правил подготовки и оформления документов, удостоверяющих уточненные границы горного отвода», организатором их апробации среди специалистов горнодобывающих предприятий. Им была организована работа по анализу действующих нормативных правовых актов и приведению их в соответствие с реалиями рыночной экономики с регистрацией в Минюсте России.

С 2006 года и по настоящее время являясь исполнительным директором Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России», свою энергию, организаторский талант, глубокий профессионализм направляет на совершенствование методических основ комплексного проектирования производства маркшейдерских работ, годового планирования горных работ, проектирования горных отводов, осуществление горного аудита с учетом специфики отраслей горной промышленности, развитие механизмов саморегулирования в сфере недропользования, нормативно-методического обеспечения горного производства, совершенствование методики повышения квалификации специалистов горнодобывающих организаций, методическое сопровождение внедрения прогрессивных технологий в производство маркшейдерских работ, устранение излишних административных ограничений в горном деле.

Являясь членом Научно-технического совета Ростехнадзора, Грицков В. В. принимает непосредственное участие в организации эффективных систем методического обеспечения производства геологических и маркшейдерских работ, профилактики правонарушений законодатель-



ства о недрах и промышленной безопасности в горнодобывающих компаниях, подготовке рекомендаций по решению имеющихся проблем правоприменительной практики в сфере недропользования. Под его методическим руководством создана эффективная система обмена опытом и повышения квалификации специалистов геолого-маркшейдерских служб горнодобывающих организаций с использованием дистанционных информационных комплексов, включающих электронные технические библиотеки, проведение общероссийских геолого-маркшейдерских конференций, в рамках которых ведется обсуждение актуальных проблем недропользования и подготовка рекомендаций по их решению.

Грицков В. В. активно и плодотворно ведет большую просветительскую, педагогическую и наставническую деятельность в целях профориентации школьников по маркшейдерии и иным горным специальностям, являясь председателем восстановленного по его инициативе Императорского Русского исторического общества, а также председателем Оргкомитетов благотворительных программ «Горные знания – молодежи», «Исторические знания – молодежи», Всероссийского конкурса молодых историков «Наследие предков – молодым». Он – автор более 100 работ по теории и практике горного надзора и охраны недр, истории горного дела и российской истории.



Виктор Владимирович пользуется заслуженным авторитетом среди горняков-производственников и научно-технической общественности. Его трудовые заслуги отмечены государственными, отраслевыми наградами и ведомственными знаками отличия, в том числе «Шахтерская слава» трех степеней, «Трудовая слава» III степени, «Почетный работник ТЭК» Минэнерго России, «Почетный шахтер» Минэнерго России, «Почетный горняк» Минпромторга России, «Почетный работник угольной промышленности» Минэнерго России, Медалью им. Л. Г. Мельникова Ростехнадзора.

Центральный Совет Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России», горная и маркшейдерская общественность, друзья и товарищи сердечно поздравляют Виктора Владимировича со славным юбилеем и желают ему крепкого здоровья, дальнейших успехов в творческой деятельности и личного счастья.

ОБЗОР КОНФЕРЕНЦИИ «ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИИ И ОХРАНА НЕДР»

Некоммерческим партнерством «Содействие развитию горной промышленности «Горное дело» при содействии Общероссийской общественной организации «Союз маркшейдеров России» с 22 по 27 мая 2017 года в г. Кисловодске была проведена Всероссийская научно-практическая конференция «Промышленная безопасность при недропользовании и охрана недр».

В работе конференции участвовали 87 человек, включая руководителей и ведущих специалистов маркшейдерских и геологических служб горно- и нефтегазодобывающих организаций: АО «СУЭК», «СУЭК-Кузбасс», ОАО «Газпром нефть», ПАО «ГМК «Норильский никель», ОАО «Сургутнефтегаз», ООО «ЛУКОЙЛ-Западная Сибирь», ООО «Башнефть-добыча», ООО «УК Полюс», ООО «Славнефть-Красноярскнефтегаз», АО «РИТЭК», ООО «Газпром ПХГ», АО «Белкамнефть», АО «Приморскуголь», АО «Разрез Изыхский», АО «Разрез Харанорский», АО «Ургалуголь», ЗАО «Ормет», ООО «Башнефть-Полюс», ООО «Газпром добыча Ямбург», ООО «Газпром нефть шельф», ООО «Газпромнефть-Ямал», ООО «ЕвроХим-ВолгаКалий», ООО «КНАУФ ГИПС НОВОМОСКОВСК», ООО «Кынско – Часельское нефтегаз», ООО «Медвежий ручей», ООО «РН-Ванкор», ООО «РН-Краснодарнефтегаз», ООО «РН-Северная нефть», ООО «РН-Уватнефтегаз», ООО «Читауголь», ООО «Южно-Уральская ГПК», ПАО «Оренбургнефть» и др., а также специалисты федеральных органов исполнительной власти, Росприроднадзора, Ростехнадзора, слушатели курсов повышения квалификации и представители научных, общественных, экспертных организаций, ведущих специализированных маркшейдерско-геодезических компаний, включая Группу компаний «Геоскан», «Гексагон Геосистемс Рус», ООО «Газпром геотехнологии», АНО «Аудит недропользования и консалтинг».

В ходе заседаний были заслушаны доклады на такие актуальные темы, как: «О ходе формирования обязательных технических требований при недропользовании», «Об опыте осуществления контроля за соблюдением условий ли-



Участники Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность при недропользовании и охрана недр»

цензий на пользование недрами», «О реализации нормативных требований по обеспечению безопасного ведения работ, связанных с использованием недр, и производству маркшейдерских работ», «Внедрение новых технологий в маркшейдерских службах СУЭК», «Применение технологий Геоскан в маркшейдерии», «Эффект ореола», «Об импортозамещении в камеральной обработке маркшейдерских наблюдений с использованием спутниковой навигации», «Инновационные технологии Leica Geosystems», «Минерально-сырьевая база группы компаний «Полюс»: проблемы и пути их решения», «О квалификационных требованиях при выполнении подрядных маркшейдерских работ», «Маркшейдерское обеспечение при обустройстве месторождений углеводородного сырья» 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», «Проблемные вопросы в сфере государственного геологического контроля», «Об обязательных технических требованиях при недропользовании».

На конференции были вручены памятные знаки, 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 при недропользовании и охрана недр». 23.05.2017 г., Кисловодск

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:

- внедрение специализированных информационных ресурсов на предприятиях добывающей отрасли;

- поддержку ООО «Союз маркшейдеров России» и НП «СРГП «Горное дело» в работе по предоставлению вузам, осуществляющим подготовку специалистов горного профиля, бесплатного доступа к фондам электронных технических библиотек в рамках благотворительной программы «Горные знания – молодежи!»;

- 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 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 нефтяника, 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;

- пополнение фонда Музея истории маркшейдерского дела приборами, инструментами, технической литературой, образцами документации, связанными с историей становления маркшейдерского дела.

3. Одобрить проводимую Управлением горного надзора Ростехнадзора при участии Союза маркшейдеров России и НП «СРГП «Горное дело» актуализацию частей правовых актов Ростехнадзора, содержащих обязательные требования в сфере маркшейдерии и недропользования, соблюдение которых оценивается при проверках горно- и нефтегазодобывающих организаций, рекомендовать руководителям геолого-маркшейдерских служб горно- и нефтегазодобывающих организаций принять в ней активное участие.

4. Предложить ООО «Компания «Кредо-Диалог» доложить на очередной конференции о возможности обработки отечественными программными продуктами результатов наблюдений с использованием системы спутникового позиционирования ГЛОНАС.

5. Подготовить предложение по внесению дополнений и изменений в Федеральный закон от 04.05.2011 № 99-ФЗ «О лицензировании отдельных видов деятельности» в части ограничения адресов мест осуществления лицензируемого вида деятельности местоположением юридического лица при лицензировании деятельности по производству маркшейдерских работ и взрывопожароопасных работ, учитывая иные механизмы идентификации мест осуществления лицензируемого вида деятельности, такие как регистрация ОПО.

6. 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. Гриуков



ОБЗОР IX МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «КОМБИНИРОВАННАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ: РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ»

В период с 22 по 26 мая 2017 года в г. Магнитогорске в МГТУ им. Г. И. Носова состоялась IX Международная конференция «Комбинированная геотехнология: ресурсосбережение и энергоэффективность».

Организаторами конференции выступили Российская академия наук, Институт проблем и комплексного освоения недр РАН, МГТУ им. Г. И. Носова, Российский фонд фундаментальных исследований. Спонсорскую и организационную поддержку в проведении конференции обеспечили ЗАО «УралЭнергоРесурс» и горные предприятия Урала: АО «Южуралзолото Группа Компаний», АО «Учалинский ГОК» и другие.

Конференции по комбинированной геотехнологии проходят с 2001 г., раз в два года, варьируются по тематике рассматриваемых проблем и занимают важное место в научном и информационном обслуживании горного производства. Тематика текущей конференции была выбрана не случайно, так как именно комбинированные геотехнологии, отвечающие требованиям ресурсосбережения и энергоэффективности, являются наиболее востребованными в практике горных работ. Развитие комбинированных геотехнологий способствует комплексному освоению и сохранению ресурсов земных недр за счет возможности максимально полного использования георесурсного потенциала осваиваемых месторождений, энергосбережения и энергоспроизводства, управления отходами горно-промышленного комплекса, многофункционального использования выработанных пространств.

В этом году участниками конференции стали 110 представителей академических, научно-исследовательских, отраслевых институтов, ВУЗов, горнодобывающих предприятий из России, Казахстана, Киргизии, Германии, Австрии, Узбекистана. Значительную часть докладов была презентована руководителями и ведущими специалистами – представителями предприятий, в том чис-

ле: ООО «УралЭнергоРесурс», ТОО «КазГидроМедь», АО «Южуралзолото Группа компаний», ОАО «Евразруда», ОАО «Уралмеханобр», АО «Учалинский ГОК», ПАО «Гайский ГОК», ООО «Путцмайстер-Рус», АК «АЛРОСА» ПАО, ВИСТгрупп, Пульцмастер (Австрия) и многих других.

Открытие и пленарное заседание прошли 22 мая в стенах МГТУ им. Г. И. Носова. Работу конференции возглавили профессора М. В. Рыльникова (ИПКОН РАН), В. Н. Калмыков и С. Г. Гавришев (МГТУ им. Г. И. Носова). Перед началом пленарного заседания Проректор по учебной работе О. Л. Назарова, поприветствовав участников форума и пожелав им плодотворной работы, вручила в соответствии с решением Высшего горного совета за большой личный вклад в дело развития минерально-сырьевого комплекса России почетный знак «Горняцкая слава» III степени представителям ООО «Уралэнергоресурс»: заместителю генерального директора А. А. Зубкову, техническому директору С. С. Неугомову и инженеру-технологу Б. Г. Уелданову. В соответствии с решением Высшего горного совета за большой личный вклад в дело развития минерально-сырьевого комплекса России, производственно-экономическую деятельность предприятий горной промышленности страны также был награжден золотым знаком «Горняк России» доктор техни-



*Вручение золотого знака «Горняк России»
В. Н. Калмыкову*



Участники конференции в УОЦ «Юность» МГТУ им. Г. И. Носова

ческих наук, профессор МГТУ им. Г. И. Носова В. Н. Калмыков.

После приветственных слов директора института горного дела и транспорта С. Е. Гавришева и письменного обращения член-корр. РАН Д. Р. Каплунова, одного из инициаторов рождения этой конференции, участники перешли к рабочей повестке.

На конференцию были представлены результаты фундаментальных и прикладных, теоретических и экспериментальных исследований, отраженные в 88 докладах по направлениям:

- проектирование комбинированных геотехнологий на принципах ресурсосбережения и энергоэффективности;
- обоснование рациональных объемов и качества добываемого сырья;
- обоснование параметров физико-технических и физико-химических геотехнологий;
- особенности физических процессов комбинированной геотехнологии;
- механизация и автоматизация технологических процессов;
- промышленная и экологическая безопасность горных работ.

Двенадцать докладов прозвучало на пленарном заседании по самым широким, весьма актуальным вопросам. Каждое выступление

было по-своему интересным и важным, многие вызвали живую дискуссию и вопросы зала.

Так директор НИИОГР В. А. Галкин на примерах многолетних исследований представил взаимосвязь организации и технологии производства, рассказал о теории и методологии развития предприятия. Директор ТОО «КазГидроМедь» А. Б. Юн сообщил о том, как современные реалии – истощение запасов месторождений руд – побуждает к поиску новых подходов к освоению недр на основе комбинированной геотехнологии.

Свою работу участники конференции продолжили в УОЦ «Юность» МГТУ им. Г. И. Носова.

В ходе проведения конференции участники обсудили предложения по обеспечению устойчивой эксплуатации объектов минерально-сырьевого комплекса, а также стабильности в горно-промышленных регионах. Большое внимание было уделено обсуждению перспектив развития комбинированной геотехнологии. Сегодня, как отметили участники конференции, когда эта сфера научной и производственной деятельности находится на подъеме, для ее успешного развития необходимы совместные усилия, выработка единых стандартов, интеграция знаний из различных сфер горных науки производства.

45-Е ЗАСЕДАНИЕ ПРЕЗИДИУМА МАРКШЕЙДЕРСКОГО МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА (INTERNATIONAL SOCIETY FOR MINE SURVEYING – ISM)

*Профессор ИРНИТУ Анатолий Охотин возглавил
Президиум Маркшейдерского международного союза (ISM) в Норвегии*

В Тронхейме (Норвегия) 10–12 мая 2017 г. состоялось 45-е заседание Президиума Маркшейдерского международного союза (International Society for Mine Surveying – ISM). Возглавил профессиональный форум Президент ISM, заведующий кафедрой маркшейдерского дела и геодезии Иркутского национального исследовательского технического университета Анатолий Охотин. В работе Президиума приняла участие сотрудница научно-исследовательской части ИРНИТУ, инженер-маркшейдер Алина Кшановская.

Активный интерес к заседанию проявили экс-президент ISM Эндрю Ярош, президент Монгольского союза маркшейдеров Монголии Ёндон Гэлэн, заведующий кафедрой маркшейдерского дела и геодезии ТГТУ (Узбекистан) профессор Сайидкосимов Сайиджабор, заведующий кафедрой маркшейдерского дела и геодезии КАРГТУ (Казахстан) профессор Фарит Незаметдинов, а также представители Нигерии, Монголии, Германии, Узбекистана, Польши и других стран.

Конференция проходила на площадке Норвежского университета естественных и технических наук. В программу форума было включено Северное маркшейдерское совещание (специалисты из Финляндии, Швеции и Норвегии), которое состоялось при поддержке Северного горно-геологического комитета и Норвежского горного общества.

Президент ISM профессор А. Охотин предложил коллегам принципиально новый подход к работе заседаний мирового профессионального сообщества.

«Мы приняли решение сообщать в докладах не столько о своих достижениях, а об актуальных проблемах, которые стоят на повестке дня. Это предложение было признано свежим и интересным, идею поддержали все участники заседания.

Мы обсудили острые вопросы и коллективно сосредоточились на их решении. На-

пример, представители Евросоюза, которые участвовали в работе Президиума, рассказали о существующей проблеме дистанционного мониторинга подземных хранилищ отходов ядерных электростанций. После моего сообщения о том, что Иркутский технический университет, обладая высококвалифицированными сотрудниками и самыми передовыми технологиями, сможет решить эту задачу, последовало конкретное предложение более детально обсудить этот вопрос на переговорах. Встреча с представителями Евросоюза состоится в ближайшее время.

Кроме того, к российским коллегам обратился представитель маркшейдерского сообщества из Нигерии, где широко развита горная промышленность. Одна из проблем горной отрасли этой страны касается хищнической отработки месторождений. В России вопросам защиты месторождений и контроля полноты качества извлечения полезных ископаемых уделяется повышенное внимание. Мы готовим предложения для нигерийских горняков и планируем визит в эту страну, чтобы составить более полную картину о проблемных вопросах», – сообщил А. Охотин.

По его информации, маркшейдеры разных стран могут оперативно обмениваться информацией и активно продвигать передовые технологии на сайте ISM <http://www.ism-minesurveying.org>.

В рамках Президиума участники познакомилась с особенностями горнодобывающей промышленности Норвегии. Состоялась поездка в один из самых значимых районов добычи полезных ископаемых. Участники заседания посетили крупный мраморный карьер, который отрабатывается в сложных горно-геологических условиях. А. Охотин отметил, что норвежские горняки применяют российское программное обеспечение.

Следующий Всемирный конгресс в 2019 г. пройдет на площадке ИРНИТУ.



Общероссийская
общественная организация
«Союз маркшейдеров
России»



НП «СРГП
«Горное дело»



Российское
геологическое
общество
(РосГео)



ЧУ «ЦДПО
«Горное
образование»

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «РАЦИОНАЛЬНОЕ И БЕЗОПАСНОЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ»

25 сентября – 30 сентября 2017 года, г. Сочи

Организаторы конференции:

Общероссийская общественная организация «Союз маркшейдеров России»

Российское геологическое общество (РосГео)

НП «СРГП «Горное дело»

ЧУ «ЦДПО «Горное образование»

Цель конференции:

- обсуждение актуальных вопросов совершенствования нормативной базы в области промышленной безопасности, производства маркшейдерских и геологических работ и разработки месторождений полезных ископаемых;
- обсуждение основных направлений деятельности ООО «Союз маркшейдеров России» и Российского геологического общества по повышению эффективности маркшейдерско-геологического обеспечения разработки месторождений полезных ископаемых;
- ознакомление с передовым опытом организации работ при недропользовании и последними научно-техническими достижениями в области рационального и безопасного недропользования.

В программе конференции:

- развитие систем управления качеством работ и услуг в области промышленной безопасности, производства геологических, маркшейдерско-геодезических и землеустроительных работ на основе отечественного и международного опыта;
- реализация требований законодательства о недрах и промышленной безопасности при освоении минерально-сырьевых ресурсов;
- обмен опытом по применению передовых технологий производства геологических, маркшейдерско-геодезических и землеустроительных работ, новейших приборов, оборудования и программного обеспечения;
- роль и значение безопасного и рационального использования минеральных ресурсов и охраны недр в обеспечении экономической безопасности России.

Для участия в работе конференции приглашены руководители министерств и ведомств природоресурсного блока, горно- и нефтегазодобывающих организаций, научных, проектных и учебных организаций.

Организационный взнос за участие в конференции – 42 500 (сорок две тысячи пятьсот) руб. по безналичному расчету (НДС не облагается).

В период с 25.09.2017 по 04.10.2017 в г. Сочи для специалистов горно- и нефтегазодобывающих организаций ЧУ «ЦДПО «Горное образование» проводит курсы повышения квалификации (72 часа) по направлениям: «Маркшейдерское дело»; «Геология»; «Рациональное использование и охрана недр»; «Землеустройство и земельный кадастр»; «Промышленная безопасность опасных производственных объектов» (с аттестацией по охране труда и пожарной безопасности); «Охрана окружающей среды при недропользовании»; «Организация кадровой службы и управление персоналом при недропользовании».

По окончании курсов слушателям, прошедшим итоговую аттестацию, вручается удостоверение о краткосрочном повышении квалификации (72 часа).

Получить информацию о программе, докладчиках и условиях участия в работе конференции, а также о дополнительных мероприятиях можно на сайте www.mwork.su, www.gorobr.ru, по телефонам: +7 (495) 641-00-45; +7 (499) 263-15-55 или E-mail: info@gorobr.ru; gorobr@inbox.ru.

Уважаемые коллеги!

**ПРЕДЛАГАЕМ ВАМ ПОДПИСАТЬСЯ НА НТИП ЖУРНАЛ
«МАРКШЕЙДЕРСКИЙ ВЕСТНИК»
на 2017 год**

Выходит журнал один раз в 2 месяца (6 раз в год) форматом «А4» и объемом до 72 страниц.

Журнал публикует информацию, касающуюся:

- нормативных документов и инструкций по обеспечению безопасности горного производства;
- обмена производственным опытом маркшейдеров;
- научных исследований в области маркшейдерского искусства;
- новых технологий, технических средств, программного обеспечения и прогрессивных методов получения, ведения и хранения горной документации;
- законодательной базы недропользования, аспектов освоения недр, проблем социальной защищенности трудящихся – горных специалистов;
- сырьевой базы горной промышленности России, а также мирового и внутреннего рынков металлов, минералов и топлива.

«Маркшейдерский вестник» входит в список ВАК и публикуемые в нем статьи диссертанты могут включать в перечень своих научных трудов.

Журнал рассылается по подписке на предприятия, в научные учреждения, в организации и частным лицам на территории России и стран СНГ.

Условия подписки на журнал «Маркшейдерский вестник»

Подписаться на журнал можно в отделениях связи, по индексам:

в каталоге ОАО «Роспечать» 71675;

в каталоге «Пресса России» 90949;

в каталоге «Урал-Пресс» 71675;

в интернет-каталоге «АРЗИ» Э90949. Ссылка на каталог для подписки онлайн: <http://www.akc.ru/itm/marksheiderskiiy-vestnik/>.

Подписка через редакцию принимается с любого текущего номера. Для оформления подписки на 2017 г. необходимо отправить заявку на электронный адрес mark_vestnik@mail.ru, получить и оплатить счет от редакции на сумму предоплаты, согласно каталожной цены журнала, указав точный почтовый адрес, а также должность и фамилию получателя.

На 2017 г. стоимость одного номера журнала 1534 рубля, без НДС.

Стоимость годовой подписки 9204 рубля .

Телефон редакции : +7 (499) 261-51-51

 TOPCON SOKKIA



Поставка геодезического оборудования и программного обеспечения.



ООО «Геодезические приборы»

197101, г. Санкт-Петербург, ул. Большая Монетная, д. 16

Тел./факс: (812) 363-4323 office@geopribori.ru

www.geopribori.ru