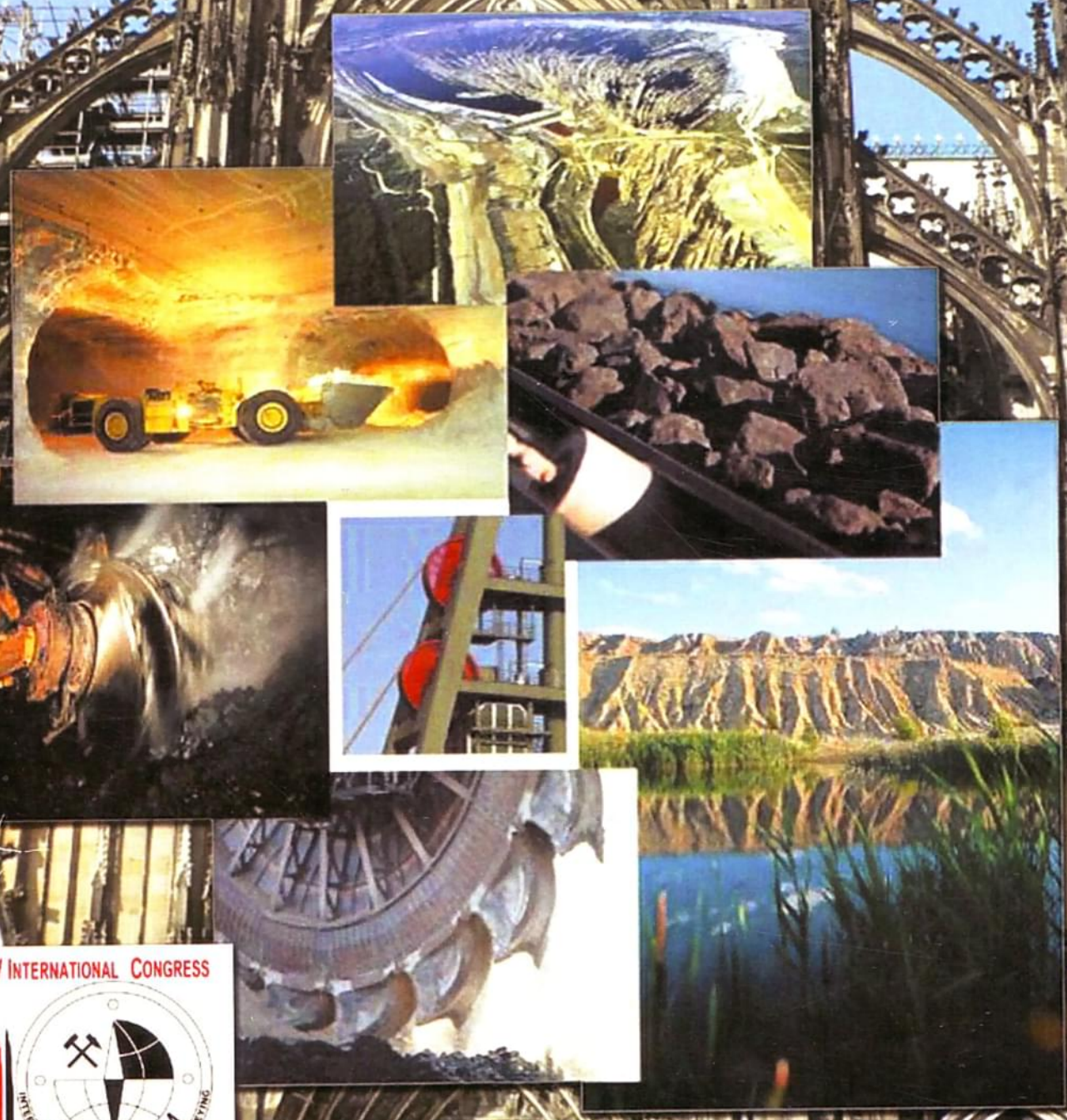
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ
SCIENTIFIC-TECHNICAL AND PRODUCTION MAGAZINE

МАРКШЕЙДЕРСКИЙ ВЕСТНИК

MINE SURVEYING BULLETIN

№ 6 2013

Ноябрь-Декабрь
November-December



XV International Congress
ISM
International Society for Mine Surveying
Aachen, Germany 2013

XV Международный конгресс ISM
16 - 20 сентября 2013 года г.Аахен (Германия)

ОАО «Гипроцветмет»
г. Москва

Журнал издается 21-й год (с 1992 г.) и продолжает традиции периодических научно-технических изданий по маркшейдерскому делу, выходивших в России и СССР в 1910-1936 гг.

Издатель – *ОАО «ГИПРОЦВЕТМЕТ»*
Генеральный директор, кандидат экономических наук Потылицын Виталий Алексеевич

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

Члены Редсовета:

Гордеев В.А.	*Кузьмин Ю.О.*
Гусев В.Н.	*Макаров Б.Л.*
Загибалов А.В.	*Макаров А.Б.*
Залялов И.М.	*Милетенко Н.А.*
Зимич В.С.	*Навитний А.М.*
Зыков В.С.	*Стрельцов В.И.*
Казикаев Д.М.	*Толпегин Ю.Г.*
Калинченко В.М.	*Трубчанинов А.Д.*
Кашников Ю.А.	*Черепнов А.Н.*
Киселевский Е.В.	*Шадрин М.А.*
Козловский Е.А.	*Юнаков Ю.Л.*

Редакция:

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

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

Технический редактор
***МОЛОДЫХ** Ирина Валерьевна*

Дизайн
***ПОСАЖЕННИКОВ** Алексей Викторович*

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

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

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

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

Подписано в печать 20.11.2013 г.
Индексы в каталогах:
Агентства Роспечати 71675,
Пресса России 90949,
Урал-Пресс 71675
В течение года можно оформить подписку на журнал через редакцию

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

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

МАРКШЕЙДЕРСКИЙ ВЕСТНИК

№6 (98), ноябрь – декабрь, 2013 г.

Учредители:
СОЮЗ МАРКШЕЙДЕРОВ РОССИИ
СОЮЗ ЗОЛОТОПРОМЫШЛЕННИКОВ
ГИПРОЦВЕТМЕТ

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

«Мало знать, надо и применять»

Гёте

в этом номере:

– ***XV Международный конгресс ISM***
– ***Проблемы недропользования***
– ***Геодезия, маркшейдерия, ГИС***
– ***Проблемы горной геомеханики***
– ***Наша память***
– ***Информация***

ГОРНОЕ ДЕЛО
программно-информационный комплекс

Сердечно поздравляем подписчиков и читателей нашего журнала с Новым 2014 годом!
Желаем отменного здоровья, успехов в труде и личного счастья!

Издатель, редсовет и редакция «МВ»

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

– XV МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ISM 5

– ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

К.Н.Трубецкой, И.А.Пыталев, А.Г.Рыльников. Автоматизированные системы управления качеством рудопотоков на карьерах ... 9

А.Г.Рыльников. Стабилизация качества рудной массы на карьерах с применением метода динамического программирования ... 15

П.Булес. К вопросу о надежности мощных гидравлических экскаваторов Komatsu Mining Germany в экстремальных условиях эксплуатации ... 20

Е.Г.Фурсов, В.Ф.Гусев, И.В.Деревяшкин, Е.И.Комаров. О возможности расширения области применения барабанных подъемных установок ... 24

В.И.Ляшенко. Развитие технологий управления подготовкой запасов руд при подземной разработке месторождений сложной структуры ... 27

– ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

В.Л.Клепко, В.Е.Коновалов. Местные системы координат ... 36

А.А.Пустуев. О поверках маркшейдерских инструментов ... 40

Д.М.Васильков. Оценка деформационных процессов в CREDO ... 41

М.Б.Нурпеисова, Д.М.Киргизбаева. Повышение точности геодезических измерений при оценке технического состояния инженерных сооружений ... 45

– ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

А.Г.Шадрин, М.А.Шадрин. Механизм сдвижения горных пород и стабилизация зоны опасных деформаций при разработке рудных месторождений на глубоких горизонтах системами с обрушением ... 49

Ю.В.Васильев, М.Л.Юрьев, Е.К.Сагимбаев. Создание геодинамического полигона на Западно-Мессояхском и Восточно-Мессояхском нефтяных месторождениях ... 53

А.Е.Журавлёв, В.Н.Гусев. Определение оптимального интервала между реперами профильных линий, закладываемых для контроля сдвижений и деформаций земной поверхности при строительстве тоннелей ... 60

– НАША ПАМЯТЬ ... 64

– ИНФОРМАЦИЯ ... 66

XV МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ISM

В.С.Зимич

О XV МЕЖДУНАРОДНОМ КОНГРЕССЕ ISM, проходившем с 16 по 20 сентября 2013 года в г.Аахен (Германия)

Международное общество по маркшейдерскому делу создано 30.06.1976 во время III Международного симпозиума по маркшейдерскому делу в г.Леобене (Австрия). Основателями этой организации являются представители Австрии, Австралии, Великобритании, ФРГ, Замбии, Ирана, Колумбии, Польши, США, СССР, Югославии, ВНР, ЧССР, Швеции и Финляндии.

Официальное название организации «Международное общество по маркшейдерскому делу» или сокращенно ISM, образованное от названия общества на английском языке – «International Societi for Mine Surveying». Официальное место нахождения ISM определяется местом деятельности его Президента.

В соответствии с письмом генерального директора ЮНЕСКО от 28.06.1977 ISM является негосударственной организацией ЮНЕСКО категории «С» (Взаимный обмен информацией).

ISM является постоянным членом Всемирного горного конгресса, осуществляя свою деятельность как самостоятельная международная организация.

Официальными языками ISM являются: немецкий, русский, английский, французский и испанский.

Главной целью общества является сотрудничество специалистов в области маркшейдерского дела и этой цели служит организация научных конгрессов. Конгрессы (до 1982 г. – симпозиумы) с выставками маркшейдерских инструментов, приборов, аппаратуры и документации организуются и проводятся раз в три года, являются одним из важнейших видов деятельности Президиума ISM.

Президиум общества имеет в своем составе Президента, двух вице президентов, членов Президиума – делегатов стран – участниц общества, почетных членов, председателя организационного комитета конгресса, наблюдателей.

Президентом общества становится делегат той страны, в которой проводится следующий очередной международный конгресс по маркшейдерскому делу.

Очередной XV Международный конгресс по маркшейдерскому делу проходил с 16 по 20 сентября 2013 г. в г.Аахене (Германия). Президентом общества был Аксель Пройссе (Prof.Dr. Axel Preusse).

Надо отметить, что Аахен уже второй раз стал местом проведения указанного конгресса. Первый раз город принимал маркшейдеров из различных стран мира 24-29 сентября 1979 г., когда проходил IV Конгресс. В работе конгресса принимали участие представители 25 стран, в том числе и от СССР.

XV Международный конгресс по маркшейдерскому делу проходил в Europasaal.

Согласно Списку (Zistof Participamts) в работе конгресса должны были участвовать 485 представителей из различных стран мира. В том числе от:

1.	Германии	286
2.	России	47
3.	Казахстана	22
4.	Китая	17
5.	Нидерландов	14
6.	Южной Африки	13
7.	Польши	13
8.	Англии	9
9.	Австрии	8
10.	Монголии	8
11	Швейцарии	10
12.	Венгрии	5
13.	Чехии	4
14.	Болгарии	4
15.	Австралии	3
16.	Украины	3
17.	Бразилии	3
18.	США	2
19.	Италии	2
20.	Словакии	2
21.	Бельгии	2
22.	Норвегии	2
23.	Швеции	1
24.	Испании	1
25.	Колумбии	1
26.	Съера Леоне	1
27.	Великобритания	1
28.	Дания	1

Таким образом, в работе XV Международного конгресса ISM приняли участие представители 28 стран.

Из прибывших на Конгресс в Германию российская делегация была наиболее представительной (47 человек), что является неоспоримым свидетельством доминирования в экономике нашей страны минерально-сырьевого комплекса и неснижающегося интереса к изучению мирового опыта в маркшейдерской среде в России.

В числе членов российской делегации были представители АК «АЛРОСА», Пермского националь-

XV МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ISM

ного исследовательского политехнического университета, Уральского государственного горного университета, Национального минерально-сырьевого университета «Горный», Национального исследовательского Иркутского государственного технического университета, ОАО «СУЭК», ОАО УК «Кузбассразрезуголь», ОАО «Газпромнефть», Ростехнадзора, ИПКОН РАН, ООО «Союз маркшейдеров России» и других организаций и предприятий.

В здании, где проходил Конгресс, была организована выставка приборов и инструментов фирм, специализирующихся в области маркшейдерского оборудования, в том числе Trimble, Leica, MIBRAG RIEGL, Topcon, DMT и др.

Заслушивание докладов было начато 17 сентября 2013 г. в Europasaal после открытия работы Конгресса его президентом, оглашения приветственных адресов и поздравлений. Причем заслушивание докладов было организовано по секциям. С этой целью участникам Конгресса был роздан список докладов, которые будут представлены в рамках конференции для того, что бы каждый участник мог выбрать интересующие его темы.

Участники Российской делегации рассредоточились по секциям и заслушали интересующие их доклады.

Официальное открытие XV Международного Конгресса было проведено вечером 17.09.2013 г. в коронационном зале мэрии г.Аахена.

18.09.2013 г. состоялась техническая экскурсия на разрез по добыче бурого угля открытым способом производительностью 22 млн.т в год.

В ходе работы Конгресса состоялось заседание Президиума Конгресса, на котором были определены страны, в которых будут проходить последующие конгрессы ISM. Так XVI Международный Конгресс ISM будет проходить в 2016 г. в Австралии. Делегация от России выступила с инициативой о проведении XVII Конгресса в 2019 г. в России на базе Национального исследовательского Иркутского государственного технического университета.

В рамках XV Международного конгресса ISM была реализована культурная программа.

Подробно с материалами о работе XV Международного конгресса ISM можно ознакомиться на сайте: www.mwork.su

Владимир Степанович Зимич,
Президент ООО «Союз маркшейдеров России»

XV МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ISM

От редакции:

Заместитель главного редактора НТиП журнала «Маркшейдерский вестник» Никифорова Ирина Львовна в качестве нашего корреспондента связалась с **Вице-президентом Международного Союза Маркшейдеров (ISM), заведующим кафедрой маркшейдерского дела и геодезии Национального Исследовательского Иркутского Государственного Технического Университета профессором Охотиным Анатолием Леонтьевичем**, участником XV конгресса ISM, который недавно вернулся из Германии, и задала ему несколько вопросов, ответы на которые мы публикуем специально для читателей Маркшейдерского вестника.

А.Л.Охотин

Здравствуйте, Анатолий Леонтьевич! Начнем, пожалуй, с главного. До нас дошли вести, что Вы избраны вице-президентом Международного Союза маркшейдеров (ISM) на прошедшем в Аахене (Германия) конгрессе. Поздравляем Вас.

– Спасибо, приятно. Да, на прошедшем международном маркшейдерском конгрессе решался вопрос о проведении очередного конгресса. Какая страна будет его проводить, та и предлагает своего вице- президента, который через 3 года становится Президентом ISM. При голосовании все единогласно поддержали Россию, хотя одновременно претендовали Украина и Китай. А российская, весьма многочисленная в этот раз, делегация выдвинула меня. Так что в 2019 году Конгресс пройдет на берегах Байкала в г.Иркутске.

А не страшно Вам возглавить столь авторитетную международную организацию?

– Ну, во-первых, сибиряки не из пугливых. Во-вторых, мы чувствовали ответственность за отечественную маркшейдерию. Если не в этот раз, то потом Россия могла бы претендовать на лидирующую роль лет через 10, а то и более. В-третьих, и это самое главное, мы получили очень мощную поддержку внутри российской делегации. Нас благословил сам Президент СМР Зимич В.С., пообещал мощную организационную поддержку Грицков В.В.. Были единодушны в поддержке родственные кафедры из Москвы, Санкт-Петербурга, Перми, Екатеринбурга и Владивостока, а также такие гиганты как АЛРОСА, СУЭК и другие предприятия.

И все же почему Иркутск, а не крупнейшие центральные города России?

– Горная промышленность в Сибири сейчас бурно развивается. Растут предприятия по добыче нефти, газа. Добывается много каменного угля, железной руды, золота и строительных материалов. Здесь же расположен крупнейший Национальный Исследовательский Иркутский государственный технический университет, где находится кафедра маркшейдерского дела и геодезии. Она сейчас находится на подъеме. Отлично оснащена, выполняет большой объем хоздоговорных работ и является проводником инноваций в маркшейдерии.

Это правда, что вы в совершенстве владеете несколькими языками, что и стало одним из оснований для Вашего избрания?

– Неправда то, что в совершенстве. Не буду лукавить. Но свободно говорю на английском, китайском. Могу общаться на немецком и монгольском.

И правда, все логично. Теперь немного о самом конгрессе. Насколько он был представителен?

– Это был большой всемирный праздник мировой маркшейдерии. Оргкомитет доложил, что присутствовало более 540 делегатов. В течение 3-х сессионных дней участники представили и прослушали более 120 докладов, разбитых по трем сессиям. Была организована хорошая выставка инструментов, технологий, программ и сервисных услуг. Сам конгресс проходил в Еврогрессе - просторном, хорошо приспособленном для подобных форумов здании.

Какова была делегация из России?

– В отличие от предыдущего конгресса в ЮАР, где наших не было совсем, в Германию прибыла солидная команда. СМР организовал и привез большую делегацию производственников, в которую входили специалисты из Алросы, СУЭКа и других ведущих горнодобывающих компаний РФ, которую возглавил В.С.Зимич. Приехали делегации с маркшейдерских кафедр Москвы, Санкт-Петербурга, Екатеринбурга, Перми, Иркутска, Владивостока. Всего было 54 человека.

Какие темы были наиболее популярны?

– Европейцы сейчас озабочены не добычей полезных ископаемых, а проблемами постмайнингового периода. Этому были в основном посвящены их доклады. Они даже маркшейдеров с этой специализацией стали выпускать. Много докладов было по безопасности производства и мониторингу опасных объектов. По маркшейдерским съемкам главной тематикой было применение беспилотных летательных аппаратов.

Как Вы оцениваете уровень развития отечественной маркшейдерии?

– Нам нечего стыдиться. Горная отрасль у нас на подъеме и большинство предприятий имеют высококвалифицированную и хорошо оснащенную маркшейдерскую службу. В части беспилотников, вне всякого сомнения, мы на первых позициях.

Раньше было много разговоров о языковой проблеме.

– Да, проблемы были. Их следствием было игнорирование россиянами Конгресса в ЮАР. Сейчас этой проблемы больше НЕТ! Благодаря консолидированной позиции СМР и членов Президиума ISM от России проблема была решена. Пленарное заседание было обеспечено синхронным переводом, который обеспечил СМР. На секциях, если выступал докладчик на русском языке, слайды презентации были представлены на английском.

Какие Вы ставите задачи перед собой в свете происшедших событий?

– Избрание России местом очередного Конгресса - это, безусловно, признание роли отечественной маркшейдерии в международном масштабе. Но это и еще появление новых возможностей. Я приложу все усилия, чтобы наши интересы достойно были представлены на многих международных форумах. Нужно не только слушать, но и выступать самим. Мы сделаем регулярным проведение крупных международных мероприятий в России под флагом ISM.

Еще раз поздравляем Вас!

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Проф.А.Л.Охотин (на первом плане) и проф.ИРГТУ А.В.Загибалов (на втором плане)

Выступление проф. А.Л.Охотина

Слева направо: вновь избранный Президент ИСМ Эндрю Ярош, вновь избранный вице-президент А.Л.Охотин, бывший Президент, а ныне вице-президент Аксель Пройссе, бывший Президент Майкл Ливингстон, председатель оргкомитета 15-го Конгресса Иохим Дойчман

Встреча коллег из российских университетов

Российско-украинско-казахская делегация

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 622.271; 622.68/69

К.Н.Трубецкой, И.А.Пыталев, А.Г.Рыльников

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ РУДОПОТОКОВ НА КАРЬЕРАХ

Приведены результаты исследования вопроса применения автоматизированных систем управления работой объектов горнотранспортного комплекса на предприятиях, ведущих разработку месторождений полезных ископаемых открытым способом. Показано, что только при условии полномасштабного внедрения таких систем с использованием спутниковой навигации возможно решить проблему стабилизации качества отгружаемой потребителю рудной массы за счет оперативного управления оборудованием карьера с целью оптимизации грузопотоков, поддержания требуемого содержания полезных компонентов в рудной массе. Кроме того, такая система позволяет обеспечить возможность объективной оценки деятельности служб и участков предприятия, повысить трудовую и технологическую дисциплину персонала.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: разработка месторождений полезных ископаемых; карьер; объекты горнотранспортного комплекса; рудопоток; контроль качества; оперативное управление; автоматизированные системы; спутниковая навигация.

Потребность в разработке систем управления горнотранспортными комплексами (ГТК) существовала всегда, но наиболее интенсивное их развитие произошло в начале 60-х годов прошлого века. Многообразие поставленных перед системами управления задач определяла сложность их иерархической структуры. В современных условиях одной из наиболее перспективных задач, стоящих перед такими системами, является оперативное управление качеством рудопотоков за счет своевременного и точного закрепления транспортного оборудования за выемочными единицами с учетом качественных характеристик, вещественного состава и структурно-текстурных особенностей руд подготовленных или отрабатываемых участков. В первую очередь, это связано с тем, что основной технико-экономической проблемой добычи и транспортировки горной массы на предприятиях, применяющих открытый способ добычи полезных ископаемых, является увеличение производительности добычного и транспортного оборудования наряду со снижением сопутствующих экономических потерь при обеспечении заданных показателей качества извлекаемых из недр полезных ископаемых.

Сложность обеспечения стабильных качественных показателей потоков руды от забоя до пункта разгрузки заключается в недостатках традиционно используемых на предприятиях «укрупненных» систем отбора, контроля и управления параметрами качества руды. Это обусловливает необходимость применения компенсационных буферов, роль которых, как правило, выполняют усреднительные склады на карьерах и обогатительных фабриках, что значительно увеличивает себестоимость добычи полезных ископаемых. В частности, на сегодняшний день, на большинстве горнодобывающих предприятий, ведущих разработку месторождений полезных ископаемых открытым способом, минимальным дискретным интервалом получения информации о качестве рудной массы является объем ее добычи за рабочую смену. Следует отметить, что в данном интервале качественные показатели рудной массы изменяются в широких пределах. Поэтому применение систем космической навигации для стабилизации качества разносортных руд непосредственно в процессе их добычи и транспортировки от забоя до пункта разгрузки представляется весьма перспективной задачей. Решение данной задачи зависит от комплекса вопросов, в первую очередь, связанных с получением и обработкой первоначальной информации о качественных показателях руды в конкретной точке пространства разрабатываемого блока, а также оперативного контроля местоположения и состояния объектов горнотранспортного комплекса. Основными объектами управления являются: буровые станки, зарядные машины, выемочно-погрузочное оборудование (экскаваторы, бульдозеры в забоях, погрузчики), технологический автотранспорт (в основном автосамосвалы разных марок и грузоподъемности), технологический железнодорожный транспорт, автозаправщики, бульдозеры, скреперы, грейдеры и другие дорожно-строительные машины, передаточные устройства, средства внутрирудничной сепарации, хозяйственные и вспомогательные средства.

Все мобильные объекты должны подлежать не только контролю за их состоянием и выполняемой работой, но и участию в планировании выполнения тех или иных заданий: сменных, суточных или разовых. Для этих целей необходимо обеспечить связь каждого мобильного объекта посредством установленного на них бортового оборудования в единую автоматизированную систему управления, включающую дополнительно средства связи и программное обеспечение (рис.1).

Рис.1. Структура автоматизированной системы управления карьерными горнотранспортными комплексами

Значительная часть информации, получаемой в ходе выполнения геологоразведочных, технологиче-

ских, транспортных и других процессов, должна привязывается к конкретным пространственным координатам горнотехнической системы. Для этого предложено рассматривать в едином комплексе программные решения и базы данных, обеспечивающие интерпретацию собранных и пополняемых при эксплуатации месторождения геологических данных с последующим их трехмерным геостатистическим анализом. При этом в качестве источников для пополнения и уточнения всех доступных данных предложено использовать автоматизированные системы управления, основанные на применении спутниковых навигационных систем.

Повышение эффективности добычи разносортных руд в карьерах за счет стабилизации их качества непосредственно в процессе добычи и транспортировки возможно только при условии применения современных компьютерных технологий, совместно с надежными и точными датчиками контроля пространственных координат элементов горнотехнической системы и различных параметров всех технологических процессов открытых горных работ. Соблюдение данного условия позволит обеспечить стабилизацию качества рудопотоков за счет:

- повышения оперативности и полноты использования геологической, экономической и экологической информации;

- позиционирования объектов горнотранспортного комплекса и рабочих органов оборудования;

- осуществления в реальном времени мониторинга технологических процессов и технического состояния объектов;

- принятия и корректировки в реальном времени управленческих, проектных и плановых решений.

Применение автоматизированной системы управления мобильными объектами ГТК способно обеспечить эффективное решение следующих прикладных задач:

- управление объемом и качеством (усреднением) добычи руд и других полезных ископаемых, производством вскрышных работ;
- рациональное использование фонда рабочего времени и номинальной производительности машин и механизмов;
- контроль (мониторинг) выполнения технологических операций и норм эксплуатации машин и механизмов;
- контроль выполнения проектов и планов горных и буровзрывных работ;
- управление буровзрывными работами;
- организация планомерного ремонта и обслуживания горнотранспортного оборудования и автомобильных дорог.

С целью обеспечения процесса управления качеством рудопотоков разработка и внедрение автоматизированных систем управления ГТК должны осуществляется по следующим направлениям: управление экскаваторно-автомобильным комплексом - экскаваторами, автосамосвалами и топливозаправщиками. При этом создается базовая составляющая системы - диспетчерский центр, который обеспечивает автоматический контроль качества рудной массы в ковше экскаваторов и кузове автосамосвалов; управление работой бурового и вспомогательного оборудования - буровыми станками, бульдозерами, тракторами, грейдерами и т.п.; управление работой железнодорожного транспорта с контролем качества рудной массы в каждом транспортном сосуде.

Только при условии полномасштабного внедрения автоматизированной системы управления ГТК на карьере возможно решить проблему стабилизации качества рудопотоков за счет оперативного управления оборудованием карьера с целью оптимизации грузопотоков, поддержания требуемого содержания полезных компонентов в рудной массе. Кроме того, такая система позволяет обеспечить возможность объективной оценки деятельности служб и участков предприятия, повысить трудовую и технологическую дисциплину персонала.

Исходя из задач, выдвигаемых для решения автоматизированной системы управления ГТК, были сформулированы следующим требования к системе управления качеством рудопотоков:

- обеспечение надежной непрерывной работы диспетчерского и инженерно-технического персонала;

- иметь построение, исходящее из принципов открытости и унификации интерфейсов;

- обеспечение доступа пользователей только к тем данным, которые необходимы им для выполнения своих служебных обязанностей, то есть разграничение доступа к информации на основе ролей и прав пользователей;

- обеспечение безусловной сохранности и восстановления введенных в систему данных, в том числе и при аварийном отключении питания;

- обеспечение максимальной простоты и удобства пользования.

Кроме общих требований, функции автоматизированной системы управления качеством рудопотоков должны соответствовать дополнительным требованиям, предъявляемым к таким системам, а именно:

- обеспечение в режиме реального времени определения координат (позиционирование) мобильных объектов (МО) и их рабочих органов при помощи глобальных систем спутникового позиционирования (ГЛОНАСС или GPS - Global Positioning System) и использование этих данных для решения задач автоматизированной диспетчеризации МО, при определении координат которых необходимо учитывать сложные, изменяющиеся условия распространения радиоволн и видимости спутников;

- получение в режиме real-time от каждого МО, включенного в систему, исчерпывающей информации о местоположении, направлении и скорости движения, виде работ (погрузка, движение с грузом, остановка, разгрузка, движение без груза, простой и т.д.), типе и массе (объеме) груза;

- получение и обработка телеметрической информации о текущем состоянии технических средств. С этой целью система предусматривает мониторинг

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

позиционирования и технического состояния оборудования, выполняемых им в данный момент времени операций в привязке к работе буровых станков, зарядных машин, экскаваторов, автомобилей, бульдозеров и др.;

- обеспечение автоматизированного режима комплексного управления объектами ГТК (рис.2 и 3) с применением оптимизационных алгоритмов на основе руководящей информации о качестве рудной массы (планов, сменно-суточных заданий) и с учетом изменяющейся обстановки, получаемой в режиме real-time от спутниковой и телеметрической аппаратуры и от персонала предприятия;

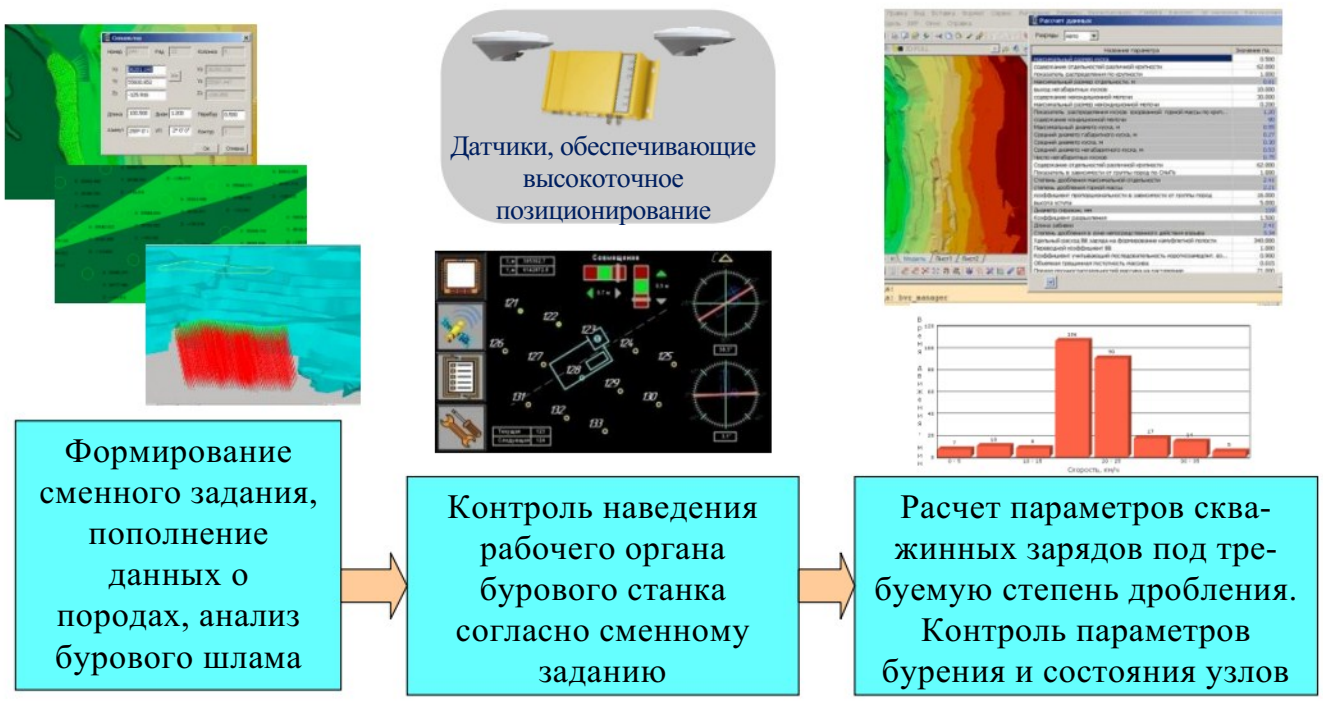


Рис.2. Управление работой бурового станка с применением спутниковой навигационной системы

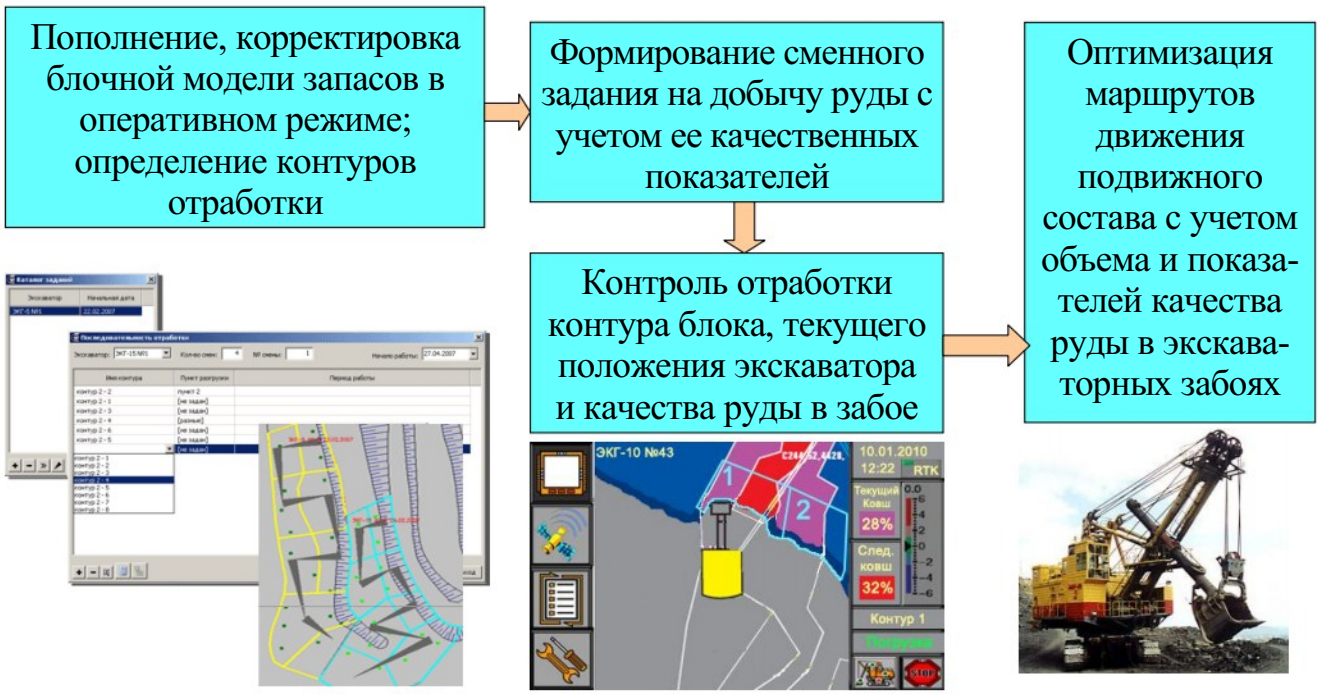


Рис.3. Управление экскаваторным парком с использованием систем спутниковой навигации

- проведение автоматического мониторинга для выявления резервов повышения производительности;

- определение в режиме real-time недогруза или перегруза транспортных средств с оценкой нарушения скоростного или других режимов, а также контроля и анализа аварийных ситуаций с выдачей соответствующих сигналов водителю (машинисту) и на пульт диспетчера;

- непрерывный контроль расхода топлива и электроэнергии мобильными объектами;

- устойчивость к вредным факторам воздей-

ствия специфических промышленных условий эксплуатации;

- автоматический и автоматизированный интерфейс с действующей системой автоматизированного планирования и проектирования горных работ, компьютерной системой геолого-маркшейдерского обслуживания, информационно-управляющей системой управления железнодорожным транспортом;

- учет и контроль регламентов техобслуживания (ТО-1, ТО-2, ТО-3), ремонтов (Р) и замены агрегатов с ведением складского учета и с автоматическим расчетом расхода запчастей и шин, проверкой наличия тех или иных узлов, агрегатов и запчастей на складах, а также с выдачей рекомендаций по проведению капремонтов узлов с учетом фактической оценки их ресурса;

- использование в качестве цифровой основы геологического строения месторождения блочной модели, построенной при помощи геоинформационных систем, с обеспечением в случае необходимости возможности полнофункциональной работы без цифровой модели, по дополнительной введенной информации;

- обеспечение стабилизации качества рудопотоков на всех стадиях формирования и перемещения от забоев до потребителя путем оптимизирующего перераспределения транспортных средств между точками загрузки и выгрузки на основе имеющихся данных о качестве руды, перевозимой каждым транспортным средством за рейс.

В общем виде современная схема построения системы автоматизированного управления карьерным горнотранспортным комплексом с использованием высокоточной спутниковой навигационной системы представлена на рис.4.

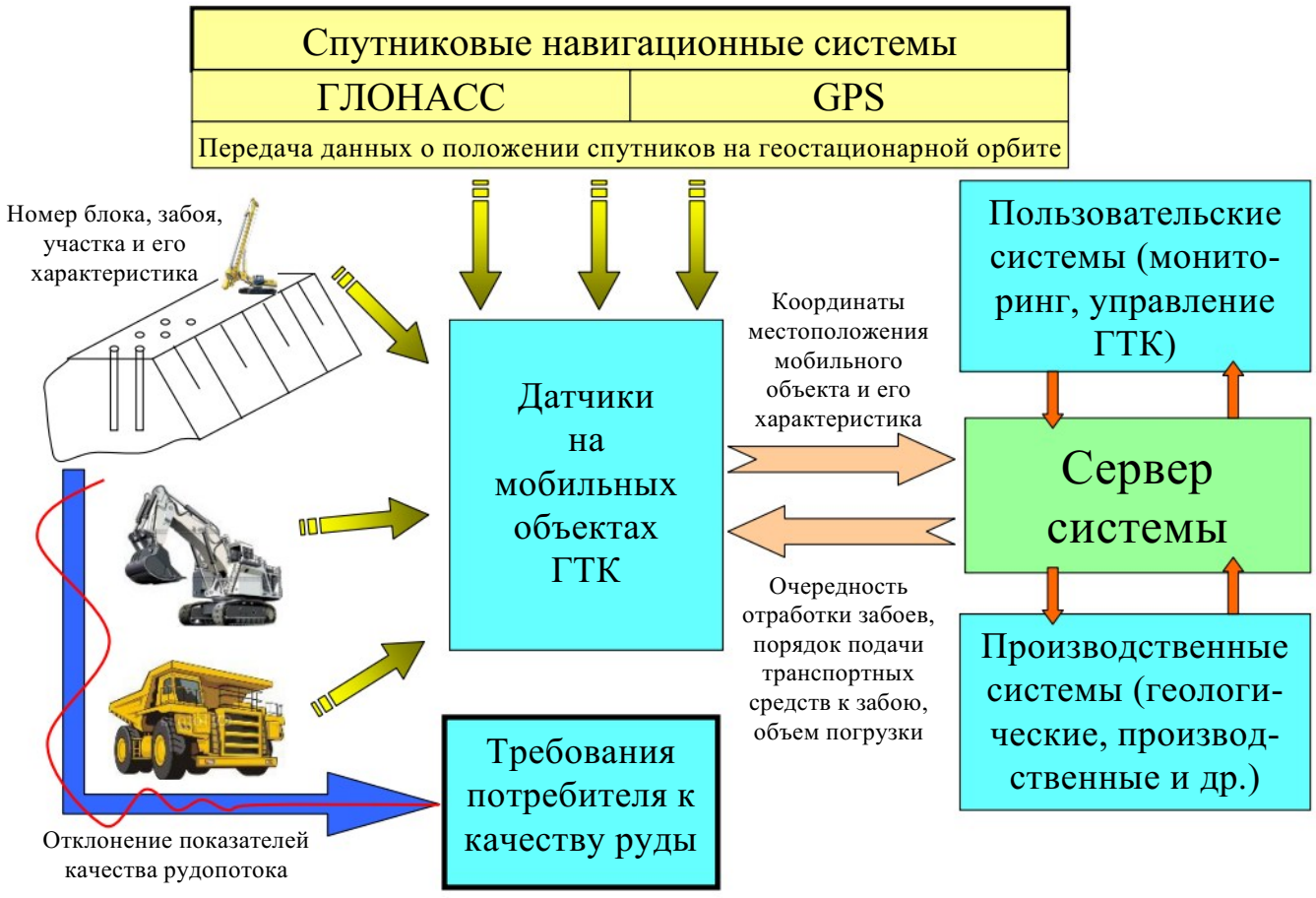


Рис.4. Принципиальная схема автоматизированной системы управления качеством рудопотоков с применением спутниковой навигации

На основе анализа применяемых на карьерах спутниковых систем навигации предложена классификация автоматизированной системы управления качеством рудопотока, в основу которой положены такие классификационные признаки, как назначение системы, тип управления, стратегическое значение добываемых полезных ископаемых (табл.1).

Не исключено, что по мере развития классификация автоматизированных систем управления ГТК будет совершенствоваться.

Внедрение автоматизированных систем управления качеством рудопотоков на горнодобывающих предприятиях необходимо осуществлять с учетом того, что в промышленных условиях стабилизация качества обеспечивается в три стадии, на которых определяются объемы добычи, средние показатели качества рудной массы, а также направление фронта и темпы развития горных работ. Каждая стадия ха-

рактеризуется целью, сроками и способами управле- ния качественными показателями (табл.2).

Таблица 1

Классификация систем автоматизированного управления качеством карьерных рудопотоков с применением спутниковой навигации

Классификационный признак	Характеристика	Наименование
Предназначены для внедрения на месторождениях полезных ископаемых	Полезные ископаемые имеют стратегическое значение для страны	Навигационная спутниковая система – Глонасс
	Полезные ископаемые не имеют стратегического значения для страны	Навигационная спутниковая система – GPS/Глонасс
Тип управления системой автоматизации	Режим – ручной	Информацию предоставляет система, решения принимает человек
	Режим – советчика	Информацию обрабатывает система и предоставляет варианты решений человеку. Вариант выбирает человек
	Режим – диалог	Информацию обрабатывает система на основе задаваемых критериев, изменяющихся в реальном времени человеком
Назначение системы	Контроль	Сбор статистических данных; фиксация отклонений; учет работы оборудования
	Управление	Распределение автосамосвалов за экскаваторными забоями с целью управления качеством
	Комбинированное	Статистика и оптимизация
Технология добычи полезного ископаемого и горнотранспортное оборудование	Трехпроцессная	Использование показаний датчиков, установленных на экскаваторах, автосамосвалах, железнодорожном транспорте
	Четырехпроцессная	Использование показаний датчиков, установленных на экскаваторах, автосамосвалах, железнодорожном транспорте, буровых станках

Таблица 2

Стадии стабилизации качества рудопотоков на карьерах

Характеристика	I	II	III	
	Перспективное планирование	Текущее планирование	Оперативное планирование	
			Существующий подход	Предлагаемый подход
Цель	Определение целесообразности и порядка отработки запасов участков месторождения разного качества	Стабилизация качества показателей по содержанию полезных и вредных компонентов; определение объемов добычи, направления развития горных работ и порядка отработки забоев с различным качеством руды	Стабилизация показателей качества усреднения на перегрузочном складе; определение объемов руды, отгружаемой из отрабатываемых забоев с различным содержанием в руде компонентов	Обеспечение заданного качества потока рудной массы для отгрузки потребителю, с минимизацией объемов усреднительных складов
Период планирования	От нескольких лет до общего периода отработки запасов месторождения	Месяц, квартал, календарный год	Смена, сутки, неделя	Время цикла экскаватора, время рейса транспортного сосуда
Исходные параметры, влияющие на выбор системы качества	- общий объем запасов по всем сортам и категориям руды; - среднее содержание полезных компонентов по месторождению, рудному телу и его участку; - технико-экономические показатели обогащения руд	- объем подготавливаемых или взорванных блоков; - среднее содержание руды в блоке; - содержание вредных примесей	- объем руды перевозимый за смену, сутки из подготовленных забоев; - среднее содержание полезных компонентов по забою	- объем руды и среднее содержание в ковше экскаватора и кузове автосамосвала
Источник получения исходных данных	Геологическая разведка	Детальная разведка	Эксплуатационная разведка	Оперативное аппаратное определение
Масштабы показателей стабилизации	Объем всех запасов месторождения или отдельных участков	Объем равный от 1/12 годовой производительности карьера	Объем подготовленного блока и сменной производительности карьера	Объем емкости ковша экскаватора и кузова автосамо-

Характеристика	I	II	III	
	Перспективное планирование	Текущее планирование	Оперативное планирование	
			Существующий подход	Предлагаемый подход
				свала
Вероятность отклонения от заданных показателей качества	Средняя	Высокая	Очень высокая	Весьма малая
Способ компенсации отклонения от заданных показателей качества руды	Не подтверждение геологических данных с соответствующим изменением категории запасов	Резервирование дополнительных блоков	Увеличение объемов усреднительных складов, содержание складов бедной и богатой руды	Содержание склада запасника для гашения колебания ритмичности циклично-поточной технологии

Из таблицы видно, что основными параметрами на всех стадиях стабилизации качества рудопотоков являются объем извлекаемой, транспортируемой или накапливаемой рудной массы и среднее содержание полезных компонентов в данном объеме. На первых двух стадиях, характеризующихся относительно продолжительным периодом, при абсолютном усреднении показателей качества формирование требуемого качества руды осуществляется за счет совершенствования планирования горных работ, наиболее эффективным средством повышения степени достоверности при этом является использование автоматизированных систем управления не только на стадии добычи, но и на стадии разведки и доразведки запасов месторождения. Для определения необходимых блоков и объемов выемки разрабатывается календарный график последовательности их отработки. При этом, максимальное обеспечение плановых показателей возможно только посредством использования автоматизированных систем управления горнотранспортным комплексом.

Таким образом, уже сегодня на ряде предприятий, ведущих разработку месторождений полезных ископаемых открытым способом, имеются технические средства для создания и реализации в полном объеме системы автоматизированного управления качеством рудопотоков путем оперативного управления работой объектов горнотранспортного комплекса. Следует отметить, что применяемые на горных предприятиях системы контроля расхода различных видов ресурсов и выполненных работ могут быть с минимальными затратами преобразованы в автоматизированную систему управления качеством рудопотоков, обеспечивающую стабилизацию качества отгружаемой потребителю рудной массы с использованием спутниковой навигации.

Литература

1. Трубецкой К.Н., Кулешов А.А., Клебанов А.Ф., Владимиров Д.Я. Современные системы управления горнотранспортными комплексами. – СПб.: Наука, 2007. - 306 с.: ил.

2. Кожиев Х.Х., Ломоносов Г.Г. Рудничные системы управление качеством минерального сырья. – 2-е изд.,стер. – М.:Издательство Московского государственного университета, 2008. – 292 с.: ил.

3. Шестаков В.А. Управление качеством продукции на горных предприятиях: Учебное пособие / Юж.-Рос.гос.техн.ун-т. – 2-е изд. – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2001г. – 262 с.

4. Зарайский В.Н., Николаев К.П., Казанский К.В. Усреднение руд. М., «Недра», 1975. - 296 с.

5. Ломоносов Г.Г. Формирование качества руды при открытой добыче. -М.: «Недра», 1975. - 224 с.

Климент Николаевич Трубецкой, Советник РАН (академик РАН, д.т.н), ИПКОН РАН;
Иван Алексеевич Пыталев, к.т.н., доцент кафедры открытой разработки месторождений полезных ископаемых ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова», E-mail: vehicle@list.ru, тел. +7-903-090-66-24;
Алексей Геннадьевич Рыльников, руководитель проекта ОАО "ВИСТ Групп", E-mail: rylnikov@vistgroup.ru, тел. +7-903-5321436

Уважаемые коллеги!

ООО «Союз маркшейдеров России», НП «СРГП «Горное дело», Российское геологическое общество (РосГео) при участии Ростехнадзора приглашают Вас принять участие в работе Всероссийской научно-практической конференции «Промышленная безопасность и геолого-маркшейдерское обеспечение работ при добыче углеводородного сырья», г.Тюмень, которая пройдет с 24.02.2014 по 28.02.2014. Ориентировочная стоимость оргвзноса 35400 руб. С тематикой конференции, контрольными сроками и требованиям к оформлению заявок и текстов докладов можно ознакомиться на сайте www.mwork.su, www.gorobr.ru или по тел. (495) 641-00-45.

Редакция «МВ»

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 622.271

А.Г.Рыльников

СТАБИЛИЗАЦИЯ КАЧЕСТВА РУДНОЙ МАССЫ НА КАРЬЕРАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Рассмотрена задача обеспечения стабильных показателей качества руды при минимизации эксплуатационных затрат на ее добычу и переработку путем внедрения автоматизированных систем управления качеством рудопотоков на горнодобывающих предприятиях. Показано, что важным фактором стабилизации качества рудной массы непосредственно в процессе ее добычи и транспортировки является управление порядком подачи транспортных средств к конкретным забоям и местам загрузки и что данную задачу позволяет решить разработанная математическая модель стабилизации качества рудопотоков, основанная на использовании метода динамического программирования и учитывающая в режиме реального времени изменение качественных характеристик руды в забое, ковше экскаватора, транспортном сосуде.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: разработка месторождений полезных ископаемых; карьер; стабилизация качества рудной массы; оперативное управление; автоматизированные системы; спутниковая навигация; математическая модель; метод динамического программирования.

Устойчивая тенденция снижения содержания полезных компонентов в руде требует от горнодобывающих предприятий поиска новых технологических решений по стабилизации качества рудной массы. В первую очередь, это связано с тем, что при обогащении руд снижение среднего содержания металлов в исходном сырье на 1-2% приводит к увеличению удельных затрат на производство концентрата на 10-20%. В настоящее время обеспечить показатели качества руды большинству горнодобывающих предприятий весьма сложно вследствие того, что поставляемая на обогатительную фабрику руда добывается с разных забоев, горизонтов, месторождений и имеет различные характеристики структуры и вещественного состава. Качественные характеристики рудопотоков подлежат усреднению в забоях, транспортных средствах, на усреднительных складах непосредственно перед отправкой на обогатительную фабрику. При этом затраты на стабилизацию качества подаваемой на обогащение рудной массы со стороны горнодобывающих предприятий изменяется в среднем на 10-30% и выше.

В связи с этим возникает задача обеспечения стабильных показателей качества руды при минимизации эксплуатационных затрат на ее добычу и переработку. Оперативное управление показателями качества рудной массы в процессе ее добычи и транспортировки осуществляется на основе учета среднего содержания полезных компонентов в подготовленном к выемке рудном блоке. Соблюдение требуемых показателей качества непосредственно перед подачей руды на обогатительную фабрику или конечному потребителю в настоящее время обеспечивается преимущественно путем стабилизации содержания ценных компонентов на усреднительных складах, емкость которых на ряде предприятий достигает 20% от годовой производственной мощности по руде. Содержание усреднительных складов требует значительных финансовых, материальных, трудовых и энергетических затрат.

Одним из способов обеспечения стабильных показателей качества добываемой рудной массы является снижение среднеквадратического отклонения содержания полезных компонентов в руде, поступающей на усреднительный склад, либо непосредственно потребителю. То есть уменьшение амплитуды колебания отклонения содержания ценных компонентов от требуемого значения возможно обеспечить увеличением дискретности объемов поставки руды при условии наличия достоверной информации о содержании полезных компонентов в каждой единичной емкости погрузочно-транспортных средств. В этом случае стабилизация качества рудной массы обеспечивается непосредственно в процессе ее добычи из забоя и транспортировки до перегрузочного пункта. Для реализации данного подхода, в первую очередь, необходимо соблюдение основного условия: наличие на предприятии аппаратных и программных средств оперативной информации о качестве руды в экскаваторных забоях и в отбитых блоках руды. Соблюдение этого условия выполняется применением современных информационных технологий, основанных на использовании спутниковых навигационных систем. Данные технологии позволяют в режиме реального времени отслеживать местоположение каждой единицы техники и оборудования, занятых на подготовительных, погрузочных и транспортных работах (рис.1).

На практике реализация автоматизированной системы управления качеством рудной массы должна охватывать весь перечень оборудования горнотранспортного комплекса. Так, на основе данных составленной геологической модели месторождения осуществляется расчет параметров буровзрывных работ (БВР) для подготовки определенного блока. Параметры паспорта БВР через систему передачи данных поступают на буровой станок и его рабочий орган, где посредствам высокоточной навигации позиционируется работа бурового станка, согласно переданным координатам. В этом случае исключается влияние человеческого фактора и обеспечивается качество обуривания блока. В процессе бурения контроллер обрабатывает и передает на сервер системы данные о физико-механических свойствах пород, которые обрабатываются и учитываются при корректировке трехмерной геологической модели месторождения и расчете массы заряда взрывчатого вещества в каждой скважине. После подготовки пород и руды к выемке, на основе имеющихся в системе автоматизации данных, в соответствии с требуемыми показателями качества руды определяются номера забоев и объемы добычи руды из них, а также маршруты дви-

жения и очередность подачи транспортных средств под погрузку. Для повышения эффективности отработки руд с низким содержанием полезных компонентов и обеспечения требуемых показателей качества, рекомендуется использовать внутрирудничную сепарацию. При этом в автоматизированной системе ведется контроль и учет количественных и качественных показателей рудных потоков, проходящих через сепарационную установку для оптимизации работы транспорта при составлении маршрутов их движения. Применение автоматизированной системы управления качеством рудопотоков позволяет стабилизировать качество рудной массы на всех стадиях ее добычи, то есть при усреднении и погрузке в забое, на усреднительных складах и при рудничной сепарации, за счет определения точной величины «порции» погрузки и транспортировки руды из каждого пункта отгрузки в пункт выгрузки.

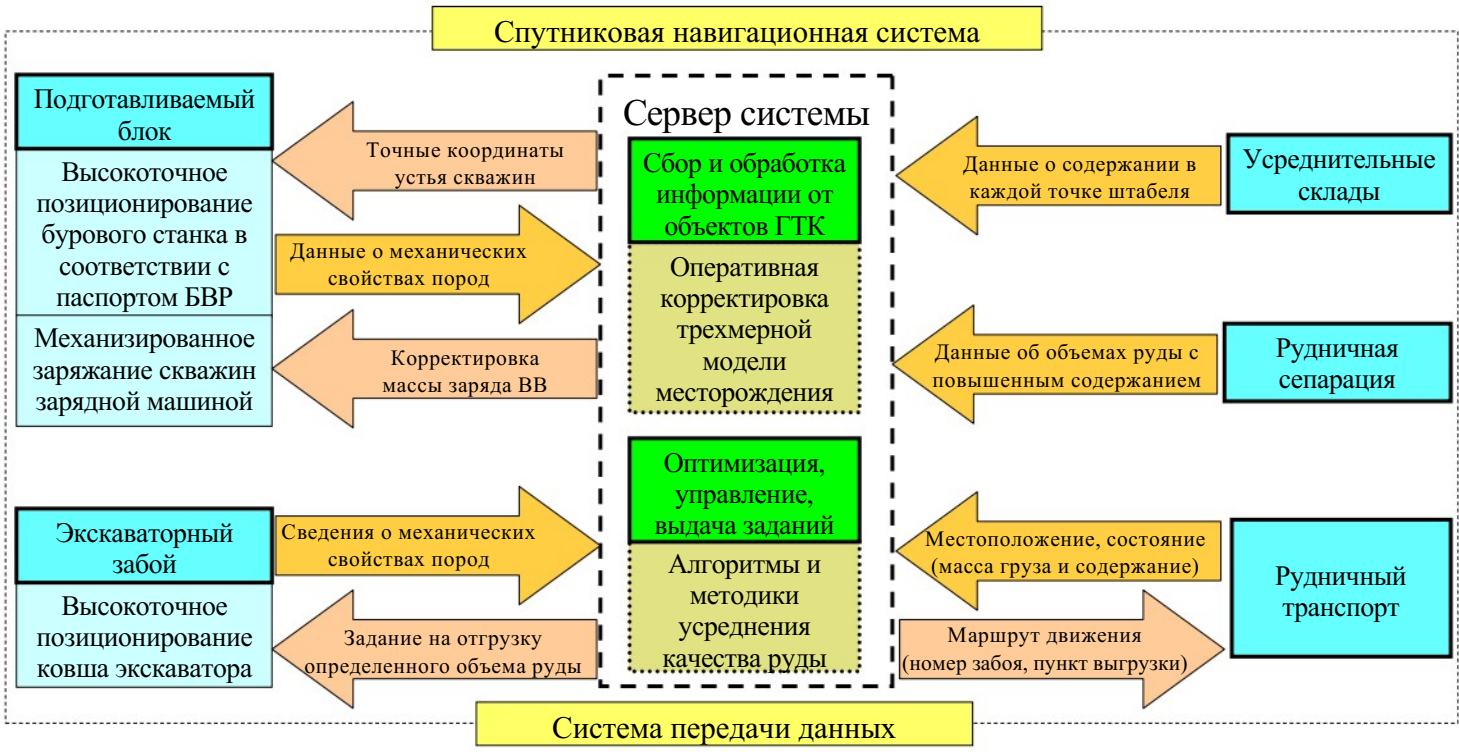


Рис.1. Схема автоматизированной системы управления качества рудопотоков на карьерах с применением спутниковой навигации

При оснащении выемочного оборудования соответствующими датчиками возможно точное определение пространственного положения и качественных характеристик руды в элементарной выемочной единице, равной емкости ковша погрузочного средства с соответствующими качественными характеристиками руды в нем.

Важным фактором стабилизации качества рудной массы непосредственно в процессе ее добычи и транспортировки является управление порядком подачи транспортных средств к конкретным забоям и местам загрузки. Кроме того, необходима достоверная информация о содержании полезных компонентов в каждом погруженном экскаватором ковше и в целом в кузове загружаемого автосамосвала. При рациональном управлении этим процессом в конечном пункте возможно достичь заданных стабильных показателей качества рудой массы, даже при значительной изменчивости качественных характеристик руды в забоях.

Принятие рациональных решений по управлению порядком подачи транспортных средств к забоям должно осуществляться при минимальных эксплуатационных затратах с учетом изменения содержания полезных компонентов в кузов транспортного средства после погрузки каждого ковша. Данную задачу позволяет решить разработанная математическая модель, основанная на использовании метода динамического программирования.

Метод динамического программирования основывается на следующих принципах и условиях:

1. Рассматриваемая задача может быть представлена как N – шаговый процесс, характеризующийся множеством n-ых состояний. При этом переход из состояния n в одно из последующих состояний (n+1)-го определяется шаговым критерием (уравнением динамики).

2. Структура задачи не должна изменяться при изменении расчетного количества общего числа шагов N. То есть, после фиксирования количества шагов в процессе решения не должно происходить добавления либо исключения каких-либо составляющих, например, количества отрабатываемых забоев.

3. Размерность пространства параметров, которыми описывается состояние системы, не должна изменяться в зависимости от количества шагов N. Таким образом, в расчетном интервале шагов не должно происходить изменения величин таких параметров, как себестоимость добычи и транспортирования рудной массы, содержание руды в элементарном блоке, требований к содержанию руды со стороны обогатительной фабрики или иного потребителя, объем подготовленного блока.

4. Шаговый критерий на любом из шагов не

должен отрицать выбора принятого на предыдущих шагах варианта технологических решений. Иными словами, оптимальный выбор управления в любом из возможных состояний должен определяться параметрами рассматриваемого состояния, а не параметрами процесса, в ходе которого система пришла в рассматриваемое состояние. То есть, если одному состоянию соответствуют разные предыстории его возникновения, влияющие на последующий выбор оптимального варианта управления, то метод позволяет включить описания предысторий в вектор состояния, что ведёт к увеличению размерности вектора состояния системы. После этой операции то, что до неё описывалось как одно состояние, становится множеством состояний, отличающихся от других компонентами вектора состояния, описывающих предысторию процесса.

Руководствуясь основными принципами метода динамического программирования была разработана математическая модель стабилизации качества рудопотоков, учитывающая в режиме реального времени изменение качественных характеристик руды в забое, ковше экскаватора, транспортном сосуде. Общая структура разработанной математической модели стабилизации качества рудной массы представлена на рис.2.

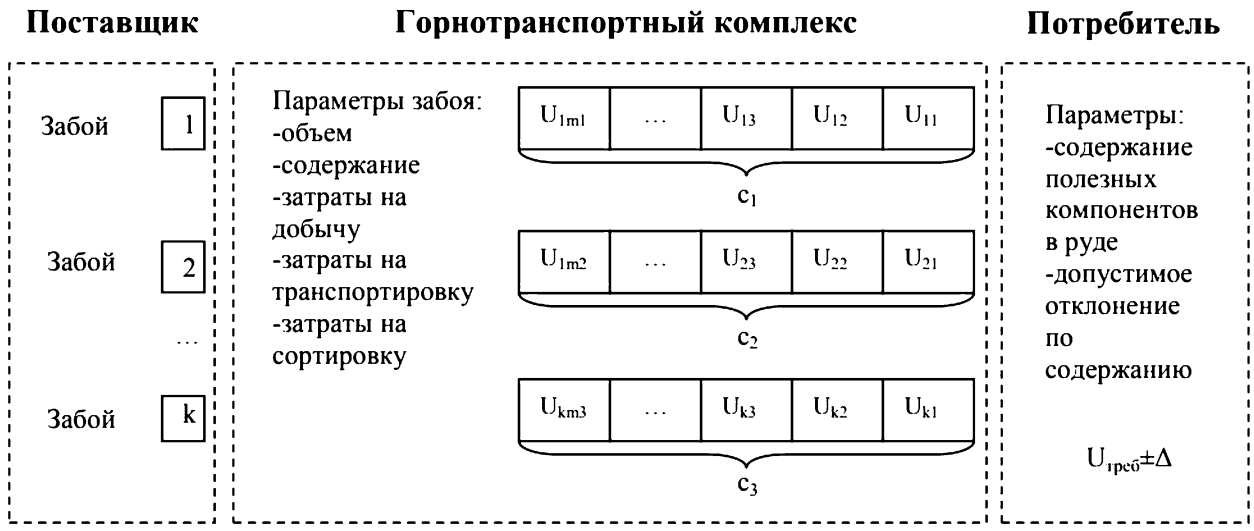


Рис.2. Структура математической модели стабилизации качества рудной массы

Последовательность реализации в модели динамического метода следующая. Примем, что система поэтапно переходит из состояния S_0 в S_n следующим образом.

1. Этап перехода удается разбить на ряд последовательных этапов $S_0 \rightarrow S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow \ldots \rightarrow S_n$. Условием перехода считается изменение содержания полезных компонентов в забое после выемки из него каждого ковша экскаватора и погрузки очередного автосамосвала.

2. Процедура перехода на каждом этапе в состояние $S_i \frac{U_i(t+1)}{} S_{i+1}$ выполняется с учетом удовлетворения условий системы ограничений:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{k} U_i(t) \rightarrow U_{треб} \pm \Delta \\ \sum_{i=1}^{n} C_i(t) \rightarrow \min \end{cases}, \qquad (1)$$

где U_i – содержание полезного компонента в единице *i*-го объема сосуда транспортного средства, принятого за элементарный объем при стабилизации качества рудопотока, %; $U_{треб}$ – требуемое содержание полезного компонента в руде со стороны потребителя, %; C_i – затраты на добычу, сортировку и перевозку *i*-го элементарного объема, руб/т; Δ – допустимое отклонение требуемого качества руды, %.

Соблюдение ограничений (1) должно выполняться на любом шаге перехода:

$$S_i \frac{U_{i+1}}{} S_{i+1} \frac{U_{i+2}}{} S_{i+2} \text{——} \ldots \frac{U_k}{} S_k .$$

То есть, общая оптимизационная функция равна сумме оптимальных значений на каждом этапе (принцип адекватности).

3. Состояние на каждом этапе зависит от предыдущего состояния и не зависит от последующих – принцип отсутствия последствия.

Функцию оптимальности на каждом этапе (или уравнение динамики) можно представить в виде

$$F_i(t) = \max \left(\frac{\sum_{i=1}^{k} U_i(t) \cdot i + \sum_{i=1}^{k} U_i(t+1)}{i(t) + i(t+1)} \right). \qquad (2)$$

То есть, среднее содержание ценных компонентов в рудной массе в элементарных выемочных единицах (ковше экскаватора, кузове автосамосвала), слагающих рудопоток, движущийся на интервале

времени t к потребителю (перегрузочный или усреднительный склад, бункер или склад рудообогатительной фабрики (РОФ)) должен максимально соответствовать требованиям показателя качества, в первую очередь, по содержанию металлов. Если со стороны потребителя определены возможные отклонения от заданного качества на величину Δ, то в уравнении динамики вводится величина допустимого отклонения качества $U_{общ}\pm\Delta$.

В качестве критерия оптимальности целесообразно использовать минимум удельных затрат на добычу, транспортировку руды, управление качеством рудной массы, ее переработку на всех этапах от забоя до потребителя в расчете на единицу извлекаемого металла или единицу условного - приведенного по цене содержания основного металла:

$$C = (З^{д} + З^{тр} + З^{АСУ} + З^{Усред.скл} + \\ + З^{сепарац} + З^{обогащ}) \rightarrow \min \quad , \qquad (3)$$

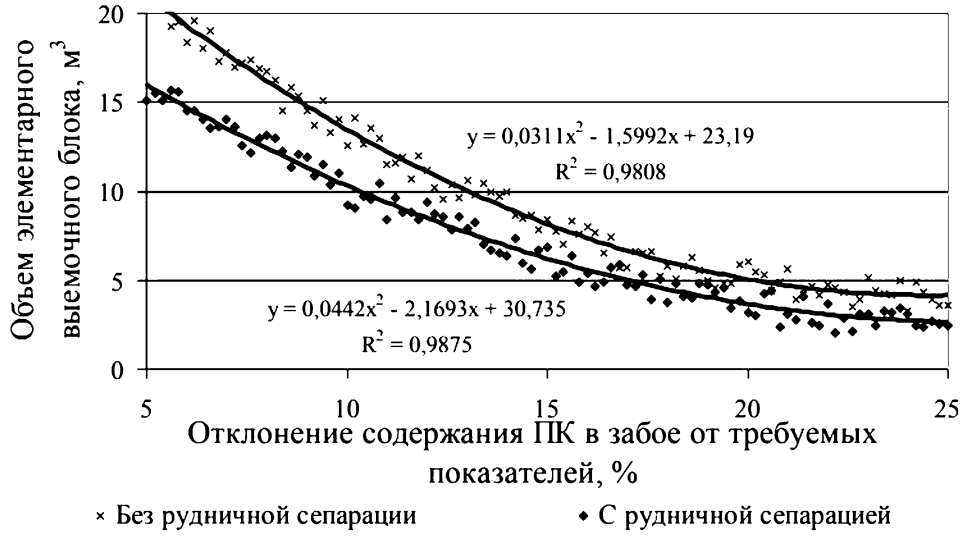
где $З^{д}$ – удельные затраты на добычу руды, руб/т; $З^{тр}$ – удельные затраты на транспортировку руды, руб/т; $З^{АСУ}$ – удельные затраты на внедрение автоматизированной системы управления качеством рудопотоков, руб/т; $З^{Усред.скл}$ – удельные затраты на эксплуатацию усреднительных складов руды, руб/т; $З^{сепарац}$ – удельные затраты на внутрирудничную сепарацию рудой массы, руб/т; $З^{обогащ}$ – удельные затраты на обогащение руды, руб/т.

Разработанная модель использовалась при выборе рациональных способов управления качеством рудной массы при следующих исходных данных:

- количество забоев – от 3 до 8;
- отклонение содержания полезных компонентов (ПК) в забое – от 5 до 25%, относительно требуемого качества руды;
- объемы подготовленных запасов к выемке – от 1 до 21 элементарных выемочных единиц;
- удельные затраты на добычу, перевозку, сортировку, внедрение автоматизированной системы управления и обогащение руды от *i*-го забоя до потребителя – от 1 до 3 тыс.руб. на одну тонну извлекаемого металла.

На рис.3 показано изменение объема элементарного выемочного блока в зависимости от разброса содержания полезных компонентов в забое. Данная зависимость получена при моделировании стабилизации качества добываемой железной (рис.3, а) и золотосодержащей (рис.3, б) руды, исходя из параметров применяемого на ведущих предприятия отрасли выемочного оборудования.

а)



б)

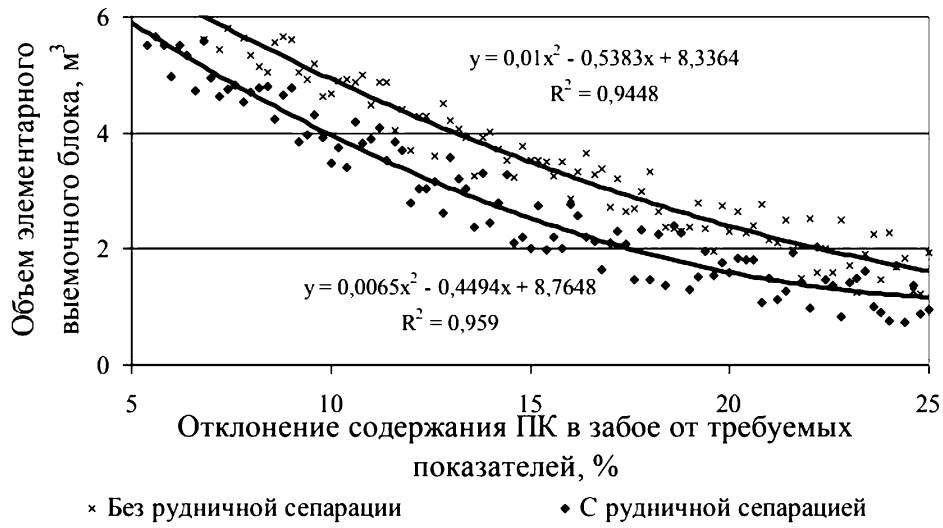


Рис.3. Зависимость объема элементарного выемочного блока в зависимости от разброса содержания полезных компонентов в забое при добыче:
а – железной руды; б – золотосодержащей руды

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Анализ графиков позволил сделать вывод о том, что при увеличении отклонения содержания полезных компонентов в забое от требуемых показателей обеспечение стабилизации качества рудопотока может быть достигнуто снижением емкости ковша добычного оборудования, не зависимо от вида добываемой руды.

С целью выявления эффекта от внедрения системы автоматизированного управления, обеспечивающей поточное усреднение рудной массы при ее движении от забоя до пункта выгрузки, было проведено моделирование процесса стабилизации качества рудопотока, предполагающего использование усреднительного склада (рис.4) и комплекса стабилизации качества руды (рис.5) с применением спутниковой навигации. В качестве исходных данных было принято: емкость ковша добычного оборудования – 5 м^3; отклонение содержания полезных компонентов в забое от требуемых показателей – 5%; затраты на добычу и транспортировку 800 руб/т, обогащение – до 300 руб/т.

В результате моделирования для обозначенных условий установлено, что обеспечение стабилизации качества рудопотока за счет использования автоматизированной системы управления, даже при незначительном отклонении содержания полезных компонентов в забое от требуемых со стороны потребителя, позволяет сократить затраты на усреднительные склады от 25 до 35%.

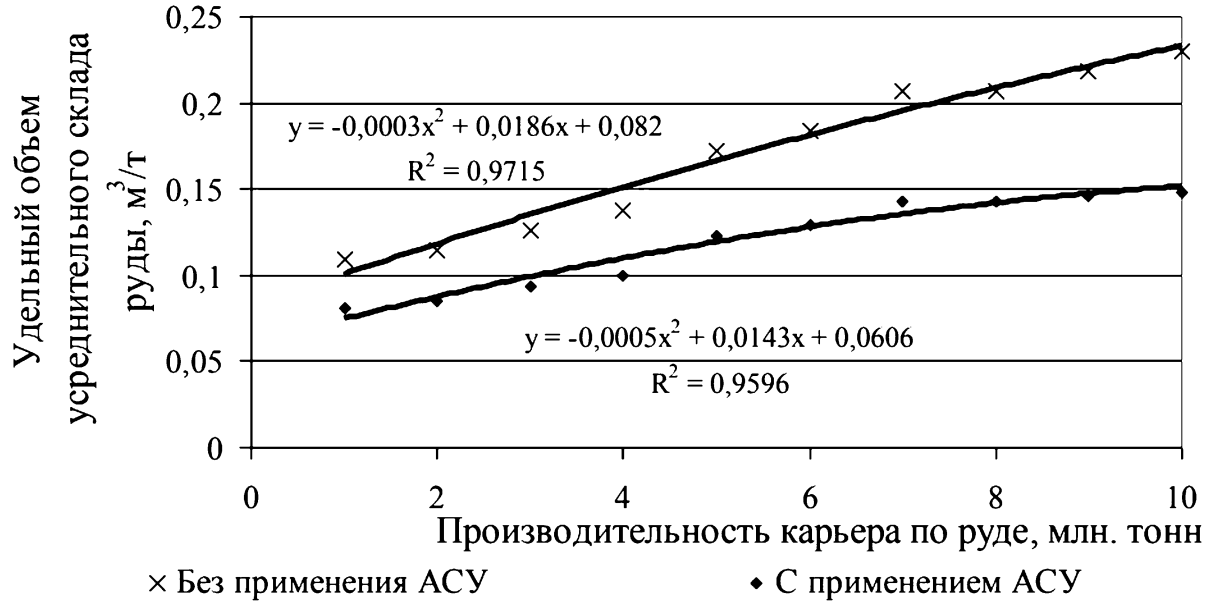


Рис.4. Зависимость удельного объема усреднительного склада от производительности карьера по руде

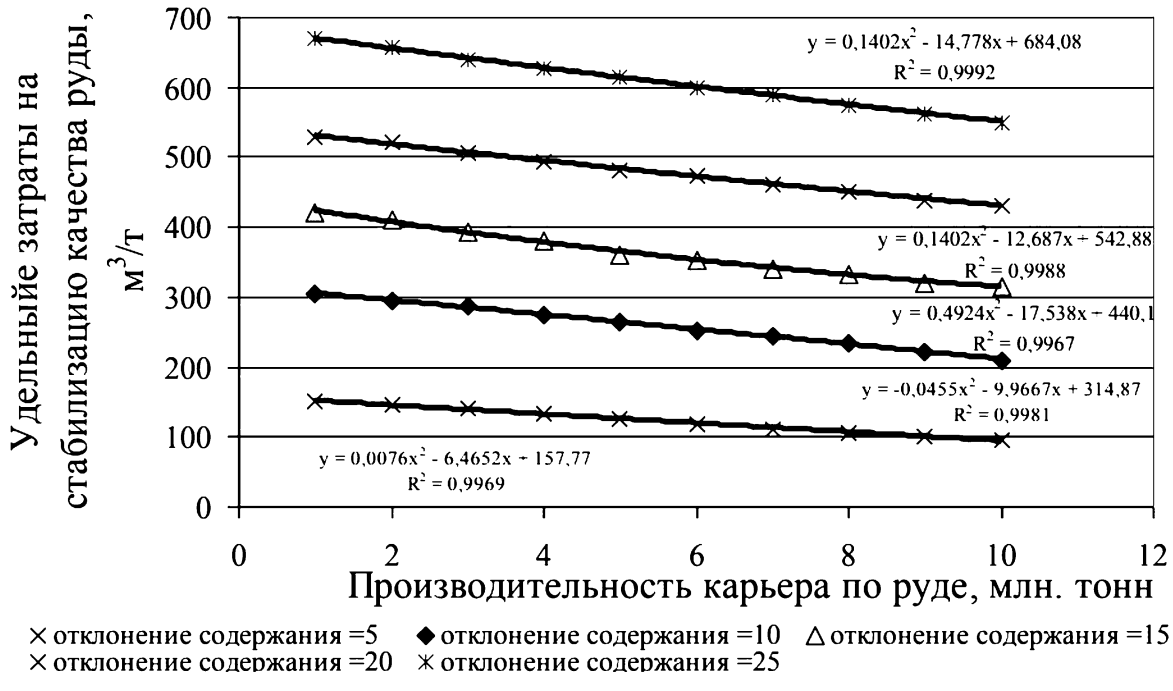


Рис.5. Зависимость удельных затрат на поточную стабилизацию качества рудной массы с применением спутниковой навигации от производственной мощности карьера

Анализ результатов моделирования поточной стабилизации качества рудопотока показал, что основное влияние на затраты оказывает отклонение содержания руды в забое от требуемого содержания полезного компонента со стороны потребителя. Снижение затрат на поточную стабилизацию качества с увеличением производительности карьера объясняется общим снижением затрат на единицу добываемого полезного ископаемого.

Таким образом, в результате моделирования поточной стабилизации качества рудной массы в процессе добычи и ее транспортировки до конечного пункта с использованием метода динамического программирования были сделаны следующие выводы:

1. Увеличение величины отклонения содержания полезных компонентов в забое от требуемых показателей обуславливает потребность в снижении объема элементарного выемочного блока, а, следовательно, емкости ковша экскаватора, что обеспечивает соблюдение заданных показателей качества рудной массы.

2. При значительном отклонении содержания стабилизацию качества рудной массы целесообразно организовать через усреднительный склад, где будет накапливаться руда с низким содержанием компонентов для последующей переработки при появлении забоев с высоким содержанием и низким отклонением качественных показателей от требуемых или осуществляться рудничная сепарация.

3. С увеличением производительности карьера по руде повышается эффективность применения в системе стабилизации качества рудной массы спутниковой навигации, при этом происходит существенное снижение удельных затрат на поточную стабилизацию качества рудной массы. Определяющим фактором является величина отклонения качественных показателей руды из забоя от требуемых показателей по содержанию со стороны потребителя. На практике достичь снижения стоимости выполнения отдельных операций и работ при одновременном контроле необходимых параметров возможно за счет применения систем диспетчеризации основанных на спутниковой навигации.

Литература

1. Щербина О.А. Методологические аспекты динамического программирования // Динамические системы, 2007, вып. 22. – с.21-36.

2. Кормен, Т., Лейзерсон, Ч., Ривест, Р., Штайн, К. Глава 15. Динамическое программирование // Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms / Под ред. И. В. Красикова. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2005. – 1296 с. – ISBN 5-8459-0857-4.

3. Ломоносов Г.Г. Формирование качества руды при открытой добыче. – М.: «Недра», 1975. –224 с.

Алексей Геннадьевич Рыльников, руководитель проекта ОАО "ВИСТ Групп", E-mail: rylnikov@vistgroup.ru, тел. +7-903-5321436

УДК 621.879

П.Булес

К ВОПРОСУ О НАДЕЖНОСТИ МОЩНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ KOMATSU MINING GERMANY В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Приведено описание опыта работы мощных карьерных гидравлических экскаваторов в сложных горно-геологических и климатических условиях на предприятиях России, СНГ и за рубежом, их преимущества по сравнению с традиционными канатными механическими лопатами и соотношение с ними на мировом рынке. Выявлены основные факторы, влияющие на надежность гидравлических экскаваторов в экстремальных условиях эксплуатации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мощные карьерные гидравлические экскаваторы; надежность основных систем; опыт применения в экстремальных условиях; соотношение гидравлических и традиционных канатных экскаваторов на мировом рынке.

Карьерные гидравлические экскаваторы находят свое применение на различных предприятиях с открытым способом добычи полезных ископаемых. Опыт работы зарубежных предприятий подтверждает возможность широкомасштабного применения карьерных гидравлических экскаваторов, в том числе в самых сложных горно-геологических и климатических условиях.

Конкуренция карьерных гидравлических экскаваторов на открытых работах с традиционными канатными механическими лопатами за последние 30 лет обеспечила преимущественное применение гидравлических машин (рис.1).

В настоящее время около 85% машин, поставляемых на открытые горные работы, составляют карьерные гидравлические экскаваторы (суммарно более 3000 машин с ковшом вместимостью более 15 м^3) и только 15% - мехлопаты с электроприводом.

Объясняется это в первую очередь тем, что на карьерах массовыми являются автомобили грузоподъемностью 90-100 т, 130-150 т, 180-220 т и их количество на рынке неуклонно растет. Для таких автосамосвалов требуются экскаваторы с ковшами вместимостью соответственно 15-16, 20-22 и 35-42 м^3. Именно эту нишу на мировом рынке занимают гидравлические экскаваторы с рабочей массой 150 т и более, среди которых доля экскаваторов производства компании Komatsu Mining Germany (KMG) достигает 40% (рис.2).

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

Рис.1. Соотношение гидравлических и традиционных канатных экскаваторов на мировом рынке

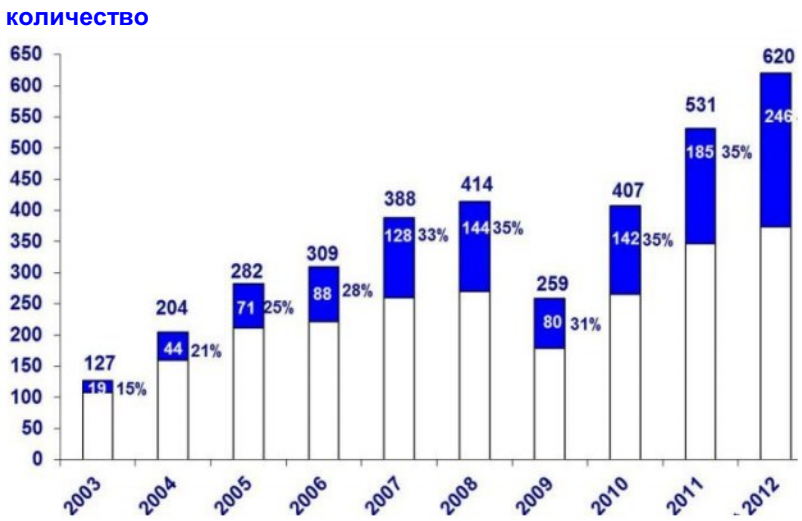


Рис.2. Мировой рынок гидравлических экскаваторов классов 150 т и более и доля Komatsu Mining Germany

Выполненный нами сравнительный анализ силовых и кинематических параметров карьерных механических лопат и гидравлических экскаваторов показывает, что первые не имеют существенных преимуществ по сравнению со вторыми в высоте копания. Что же касается радиуса копания на уровне стояния, то гидравлические экскаваторы имеют возможности выемки породы на большем расстоянии от ходового устройства и горизонтального перемещения ковша вдоль уровня установки, а также, что принципиально отличает эти два типа машин, копать ниже уровня установки, обеспечивая себе нужные углы наклона съезда для перехода на другие рабочие горизонты.

Механические лопаты, при равных максимальных высотах копания и вместимости ковша, почти в 2 раза проигрывают гидравлическим экскаваторам по массе и в известной пропорции по стоимости. Максимальные значения усилий подъема ковша у мехлопат развиваются на блоке его коромысла при вертикальном положении подъемных канатов и горизонтальном расположении рукояти напора, реализация которых на зубьях ковша в этом положении фактически снижается за вычетом массы ковша с грузом породы и одной трети массы рукояти.

Большинство экскаваторов KMG эксплуатируются в экстремальных условиях. Имеется длительный до 40 лет опыт их эксплуатации в условиях температуры до +50°С (Африка, Австралия, Азия и Океания). Наиболее обширный опыт работы гидравлических экскаваторов в экстремальных условиях низких температур до минус 45-50°С достигнут в Заполярной Швеции и Канаде. Отдельный опыт применения мощных карьерных экскаваторов получен в высокогорных районах на горных предприятиях Чили, Колумбии, Бразилии.

Предприятия СНГ представляют собой симбиоз вышеперечисленных условий предприятий для рудных, угольных, вскрышных и полиметаллических руд.

Представление о распределении по регионам и континентам карьерных экскаваторов Komatsu дает рис.3. Из анализа этих данных следует, что в наиболее тяжелых для эксплуатации регионах, включающих высокие и низкие температуры, кроме Африки и Северной Швеции присутствуют предприятия СНГ.

Опыт применения экскаваторов KMG в России, Украине и Казахстане достиг 20-летнего периода и оказался успешным [1, 2]. При этом было поставлено более 60 мощных экскаваторов на горные предприятия России и СНГ с ковшами от 15 до 42 м^3 и рабочей массой от 300 до 750 т. Угольные предприятия эксплуатируют 48% всех машин, в том числе в Кузбассе 10 экскаваторов РС-5500, 2 экскаватора РС-4000 и 6 экскаваторов РС-3000. В Казахстане и на Украине работают только 10% поставленных машин и 90% на предприятиях в России.

До 50% экскаваторов было поставлено в исполнении с высоковольтными (6 кВ) электрическими приводами, которые используют асинхронные коротко замкнутые двигатели, работающие через редуктор с главными гидравлическими насосами. Для селективной выемки маломощных угольных пластов и разработки высоких уступов с погрузкой в железнодорожный транспорт наиболее востребованным является экскаватор РС-3000ВН с удлиненным рабочим оборудованием и ковшом 8 м^3, который в 2 раза меньше стандартного (16 м^3). Более мощные экскаваторы с ковшами вместимостью от 26 до 40 м^3 работают на вскрышных работах с погрузкой в большегрузный автотранспорт грузоподъемностью до 300 т.

Опыт работы в ОАО «Мордовцемент» 3-х экскаваторов РС-3000, в том числе одной прямой лопаты и двух машин с рабочим оборудованием обратная лопата позволил оценить эффективность различных технологических схем, в том числе с конвейерным транспортом, автомобильным транспортом и железнодорожным транспортом. Фактическая техническая производительность, а значит и надежность машин была на одном уровне. Эксплуатационная производительность оказалась выше в схеме с железнодорожным транспортом (рис.4), затем автомобильным и ниже других показатели с применением конвейерного транспорта.

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

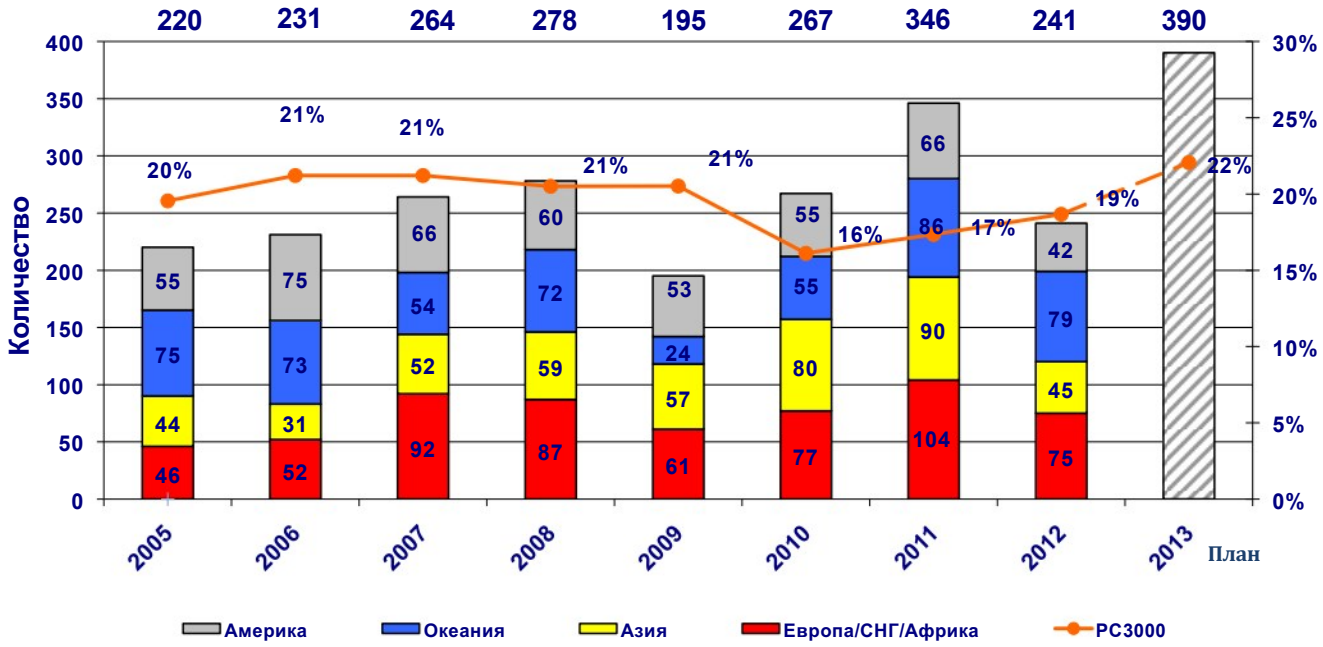


Рис.3. Поставки на мировой рынок гидравлических экскаваторов KMG с рабочей массой 200 т и более

Рис.4. Карьерный гидравлический экскаватор РС-3000 с ковшом вместимостью 15 куб.м на карьере ОАО «Мордовцемент»

Определяющим критерием эффективной работы гидравлических экскаваторов нового поколения является их надежность, уровень которой зависит не только от климатических (температурных) факторов, физико-механических свойств пород (в первую очередь их абразивности), но и от прикладываемых квалифицированных сервисных усилий. В процессе практических действий по сервисному обслуживанию коэффициент готовности гидравлических экскаваторов нового поколения обеспечивался на уровне 0,94-0.98. Эти показатели показывают соответствие уровня надежности достигнутым в других регионах мира и адаптивность машин и персонала к требованиям сервисной поддержки.

Наиболее успешной была работа по внедрению гидравлических экскаваторов в условиях Якутии на угольном разрезе в УК «Якутуголь», куда было поставлено 8 экскаваторов, в том числе 3 модели РС-8000Е с ковшом вместимостью до 42 м^3. Половина экскаваторов - с высоковольтными электрическими приводами главных насосов. Организационные проблемы, возникшие за последние годы, к сожалению, привели к резкому ухудшению показателей применения.

Обращает на себя внимание статистика по поставленным заводом 900 экскаваторам с ковшом более 15 м^3. С рабочим оборудованием обратная лопата поставлено на мировой рынок 32%, с электроприводом - 22%. В то время, как на предприятиях России предпочтение рабочему оборудованию обратная лопата было отдано в 58% поставок и 50% - экскаваторам с электроприводом основных насосов. Таким образом, в СНГ несколько другие требования у заказчиков. Поэтому вопросы, связанные с исследованием эффективности работы гидравлических экскаваторов, надежности работы их основных систем в малоизученных условиях горных предприятий СНГ, являются актуальными.

В свою очередь, получение дополнительных данных на этих предприятиях позволит распространить рекомендации по сервисным усилиям на экскаваторы, работающие в аналогичных условиях эксплуатации других регионов. Представляют интерес значения достигнутой производительности. Лучшие показатели применения экскаваторов РС-3000 в странах СНГ достигнуты на месторождении кимберлитовых руд им. Гриба в Архангельском регионе. Экскаватор с рабочим оборудованием прямая лопата с ковшом вместимостью 15 м^3 обеспечивает устойчиво производительность 500 тыс.м^3 в месяц при экскавации вскрышных пород без предварительной взрывной подготовки горной массы (рис.5). Примечательно, что экскаватор РС-3000 с рабочим оборудованием обратная лопата и той же вместимостью ковша на этом же карьере обеспечивает среднюю производительность 380 тыс. м^3. Обе машины имеют дизельный привод главных насосов, поэтому удается реализовать преимущества гидравлических экскаваторов при применении их в гибких технологических схемах.

Рис.5. Гидравлический экскаватор KMG PC-3000 на вскрышных работах кимберлитового месторождения

Фактор организации технологии горных работ в рассматриваемых условиях, когда остановка экскаватора на пересмену осуществлялась не более 15 мин, а техническое обслуживание проводилось в полном объеме и в нормируемое время, оказался очень важным для наработки на отказ. В зимний период при средних значениях температур минус 45°С гидравлическая жидкость за 15 мин не успевала охладиться до состояния потери требуемой вязкости. Фактическое замерзание гидравлической жидкости при таком плотном режиме эксплуатации было исключено, а значит и вздутие рукавов высокого давления с последующими разрывами исключалось. Ресурс наработки гидравлических компонентов оказался выше расчетных значений. Позитивная роль в этом принадлежит дизельному приводу, который при низких температурах и длительном простое во время ремонтов запускался плавно с предварительным подогревом и одновременно прогревалась система гидравлического привода, что исключало выход из строя ее элементов.

Противоположная ситуация сложилась в ОАО «Мордовцемент». На карьере в зимних условиях остановки при температуре минус 25-30°С превышали 24-30 час и этого было достаточно при срочном запуске высоковольтного двигателя, чтобы вывести немедленно из строя до 2-х рукавов высокого давления и к резкому (1,5 раза) снижению сроков службы остальных. Основные насосы и моторы также отработали минимально предельный срок эксплуатации.

Этот экспресс-анализ показывает, что гидравлические экскаваторы должны работать устойчиво в режимах, предписанных в инструкциях по эксплуатации, с минимизацией времени простоев и с максимальной производительностью. В противном случае, их эксплуатация становится неэффективной. Поэтому подготовка дисциплинированного сервисного персонала, опирающегося на рекомендации для конкретных условий эксплуатации, является просто необходимой.

Так, высокая степень технической готовности экскаватора PC-4000E и хорошая организация работ позволили на «Черниговском» разрезе в Кузбассе обеспечить производительность 700 тыс.м^3/мес.

Необходимо отметить, что использование технических возможностей машин, суммарная вместимость ковшей которых в Кузбассе 270 м^3, в несколько раз выше производительности, чем в Якутии при суммарной емкости ковшей всего на 45% меньше. Объясняется это не только более сложными условиями эксплуатации, но и организационными причинами. В Кузбассе управление осуществляется на 9 предприятиях по сравнению с 1 предприятием в Якутии. Это обстоятельство подтверждает широкие возможности по применению работающих и намеченных к поставке мощных экскаваторов KMG в количестве до 65 единиц.

Ранжирование систем гидравлического экскаватора позволяет выделить основные из них, а также влияние их надежности на надежность экскаватора в целом. Объектом исследования являются:

- рабочее оборудование экскаваторов: ковш, гидравлические цилиндры, шарнирные соединения и система их смазки;

- основные компоненты и части гидравлических приводов: гидравлические насосы и моторы, распределительные клапаны, централизованная система смазки, опорно-поворотное устройство.

Главным критерием оценки надежности этих систем является их коэффициент готовности.

Важным влияющим на надежность параметром является «коэффициент сервисных усилий» - параметр, учитывающий: уровень подготовки сервисных инженеров, оснащенность инструментом и приспособлениями, директивные материалы и инструкции, адаптированные к местным условиям.

Введение в практику такого коэффициента делает возможным более точный расчет коэффициента готовности и, соответственно, производительности экскаватора. Кроме того, в параметры исследований должны быть включены стоимостные значения запасных деталей и узлов, что позволит аргументировано прогнозировать себестоимость затрат на экскавацию. Комплекс этих исследований проводится в настоящее время.

Литература

1. Штейнцайг В.М., Слесарев Б.В. Современные мощные карьерные гидравлические экскаваторы на предприятиях России и СНГ. Научные сообщения. ННЦ ГП – ИГД им. А.А.Скочинского. - М.- 2012, Вып. 337, с. 118-133.

2. Мерзляков В.Г., Слесарев Б.В., Штейнцайг В.М. Опыт применения карьерных гидравлических экскаваторов Komatsu Mining Germany на предприятиях России. - Горное оборудование и электромеханика. М. -2013, Вып.5, с.15-20.

Петер Булес, инженер-экономист, менеджер по продажам отдела маркетинга оборудования и запчастей компании Komatsu Mining Germany (Германия), тел. (495)763-22-12

УДК 621.86.07

Е.Г.Фурсов, В.Ф.Гусев, И.В.Деревяшкин, Е.И.Комаров

О ВОЗМОЖНОСТИ РАСШИРЕНИЯ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БАРАБАННЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК

Рассмотрены схемы шахтных подъемных установок, позволяющих получить многоканатный подъем, имеющий преимущества барабанных подъемных машин. Для известных подъемных установок с верхним уравновешивающим канатом предлагается его шкивы оснастить гидроопорами, позволяющими контролировать и регулировать постоянное натяжение канатов. В подобной схеме сопротивление движению груженого скипа разделяется на две составляющие, имеющие разные направления: сопротивление подъему самого груза, которое преодолевается концевыми подъемными канатами, закрепленными на барабанах подъемной установки, а сопротивление подъему скипа преодолевается по принципу противовеса с помощью канатов, соединяющих скипы через дополнительные шкивы на копре. Представлена также конструкция копра с нулевым углом девиации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: шахта; рудник; шахтная подъемная установка; подъемная установка барабанного типа; шкив трения; скип; подъемный канат; уравновешивающий канат; футеровка; уравнительный блок; концевая нагрузка; копер.

Е.Г.Фурсов

В.Ф.Гусев

И.В.Деревяшкин

Е.И.Комаров

С увеличением глубины разработки месторождений полезных ископаемых возникает необходимость увеличения производительности подъемных установок, что особенно актуально для шахт с большой производственной мощностью. Широко применяемые подъемные установки с барабанными органами навивки в данном случае непригодны, поскольку имеют ограничения по концевой нагрузке по причине предела прочности на растяжение подъемных канатов.

Решение данной проблемы можно найти, применив многоканатные подъемные установки с шкивами трения, повысив при этом грузоподъемность скипов до 25-50 т.

Однако, как показано в работе [1], при многоканатном подъеме значительно сокращается срок службы головных и уравновешивающих канатов. Это объясняется тем, что на подъемных установках со шкивами трения нагрузки на любом участке каната непрерывно меняются, в отличие от нагрузок в канатах в установках с барабанными органами навивки, где любой отрезок каната работает при практически постоянном натяжении. Кроме того, при огибании шкива трения усилие в канате зависит от разницы натяжений набегающей и сбегающей ветвей. Постоянные изменения натяжений каната сопровождаются изменением длины шага его свивки, что приводит к кручению каната и вызывает преждевременное его разрушение от усталости.

Кручение каната вызывает также повышенный износ футеровки шкива, так как при вращении канат выфрезировывает канавки на шкиве трения и углубляется в тело футеровки. При этом срок службы канатов и футеровки в многоканатных подъемных установках сокращается в 2-3 раза по сравнению с установками с барабанными органами навивки.

Допустимое давление шкива трения составляет 2,0-2,5 МПа, а напряжение в подъемных канатах допускается до 4,5 МПа, из чего видно, что возможная грузоподъемность многоканатных установок используется только наполовину из-за фактора прочности футеровочного материала. Ограничение величины давления на футеровку не позволяет выдавать грузы большого веса со значительной глубины. Увеличивать же количество подъемных канатов (более 4-х) нецелесообразно, так как в этом случае усложняется контроль за канатами и их навеска. Невыгодно также увеличивать диаметр шкивов трения.

Таким образом, как барабанные, так и многоканатные подъемные установки имеют ограничения по ряду прочностных факторов, что сужает области их применения.

ФГУП «Гипроцветмет» предложена схема комбинированной подъемной установки, которая устраняет недостатки многоканатной и барабанной подъемных установок. За основу взята подъемная установка с верхним уравнительным канатом [2]. Идея предложенной подъемной установки заключается в том, что сопротивление движению груженого скипа разделяется на две составляющие, имеющие разные направления:

- сопротивление подъему самого груза, которое преодолевается концевыми подъемными канатами, закрепленными на барабанах подъемной установки;
- сопротивление подъему порожнего скипа, которое преодолевается по принципу противовеса с помощью канатов, соединяющих скипы через дополнительные шкивы на копре.

Схемы подъемных установок подобного типа показаны на рис.1.

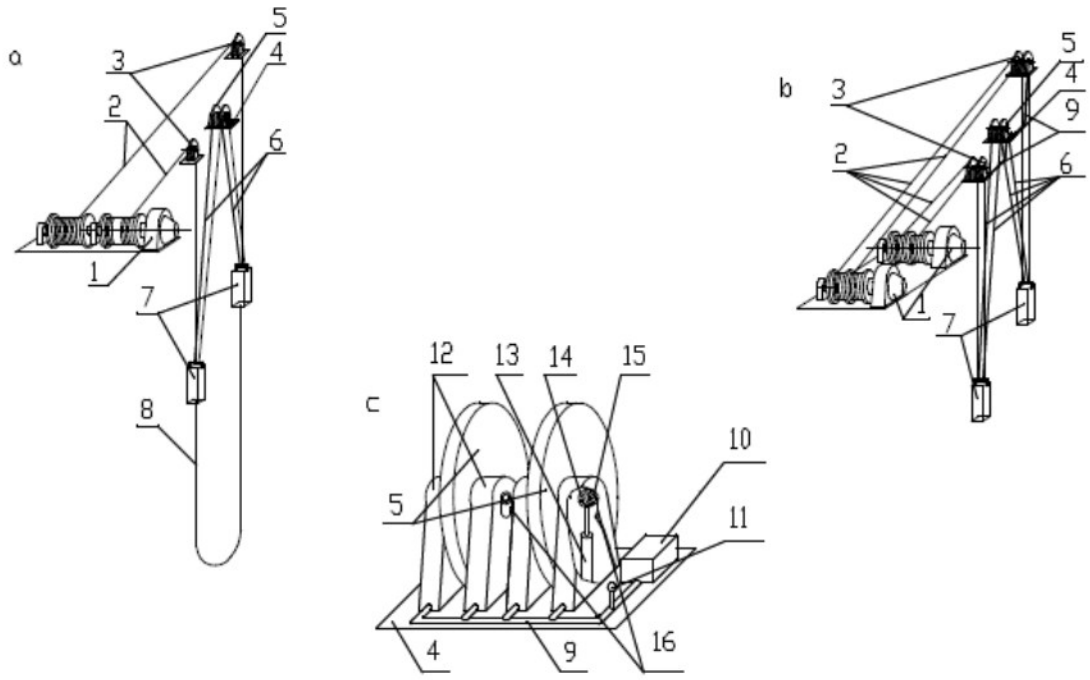


Рис.1. Схемы подъемных установок

a – с одним подъемным и двумя уравнительными канатами; b – с двумя подъемными машинами параллельной навивкой канатов на барабаны; c – схема подшкивной площадки; 1 – подъемные машины; 2 – подъемные канаты; 3 – отклоняющие шкивы; 4 – подшкивные площадки; 5 – шкивы для канатов, соединяющих подъемные сосуды; 6 – канаты, соединяющие подъемные сосуды; 7 – подъемные сосуды; 8 – уравновешивающий канат; 9 – трубопроводы уравновешивающей системы; 10 – насосная; 11 – манометр; 12 – опоры шкивов; 13 – гидроцилиндры; 14 – цапфа гидроцилинда; 15 – оси шкивов; 16 – направляющие пазы в опорах шкивов

Подъемная установка, изображенная на рис.1а, включает в себя подъемную установку барабанного типа напольного размещения со встроенной системой навивки канатов, которые через отклоняющие шкивы соединены со скипами. Скипы в свою очередь соединены между собой дополнительными канатами через отклоняющие шкивы, размещенные на копре. Последние имеют систему автоматического поддержания нагрузки от масс скипов (рис.1с), дополнительных и уравновешивающих канатов.

Этим достигается снятие той части нагрузки на концевые подъемные канаты, которую создают порожние скипы.

В предложенной подъемной установке отсутствуют приводные шкивы, а, следовательно, исключаются те недостатки, которые были указаны выше. Шкивы работают в пассивном режиме, характерном для работы отклоняющих шкивов в установках барабанного типа. Концевые же подъемные канаты могут быть загружены дополнительным поднимаемым грузом, что позволит расширить область применения барабанных установок.

Так на Таштагольском руднике используются подъемные машины бицилиндро-конического типа (БЦК-8/5*2,7) с максимальной нагрузкой на канат около 60 т (полезный груз-25 т, тара - около 24 т, плюс вес канатов). Таким образом, если включить в существующие подъемные установки барабанного типа дополнительные канаты и отклоняющие шкивы, то скипы грузоподъемностью 25 т могут быть заменены на 50-ти тонные скипы.

Подъемная установка, изображенная на рис.1.в, представляет собой несколько усовершенствованный вариант подъемной установки системы Блейера [1], сущность которой состоит в разделении каждого барабана подъемной машины на две части с параллельной навивкой на барабаны двух подъемных канатов на один подъемный сосуд. С дополнительными канатами, соединяющими подъемные сосуды через отклоняющие шкивы на копре, подъемные канаты освобождаются от нагрузки подъемного сосуда, за счет чего появляется возможность также как и в вышеприведенных вариантах увеличить грузоподъемность установки.

Таким образом, предложенная схема подъемной установки позволяет вдвое увеличить грузоподъемность концевых канатов в подъемных установках барабанного типа, а также исключить отрицательные факторы, влияющие на износостойкость канатов и футеровки шкивов многоканатных установок.

При разработке месторождений в гористой местности нередко возникает дефицит в площадях для размещения объектов поверхностного комплекса. Машинное здание размещается относительно копра таким образом, чтобы угол отклонения каната (при его предельном положении на барабане подъемной машины) не превышал определенной регламентированной величины. Для шахтных подъемных установок он составляет $1^0 30^l$. Это требование приводит к тому, что здание подъемной машины необходимо относить на значительное расстояние от копров, и иногда требуется установка промежуточных опор под подъемные канаты. Исключить подобное неудобство можно за счет использования копра с поворачивающимся отклоняющим шкивом, изображенным на рис.2 (патент РФ 2361988). Копер состоит из опорного каркаса 1, подшкивной площадки 2, последняя выполнена из двух плоскостей, соединенных по углам стойками 5. В плоскостях 3 и 4 вмонтированы подшипники 6 и 7 с втулками 8 и 9, к втулкам 8 и 9 присоединены косы 10 и 11, на которых закреплен отклоняющий шкив 12.

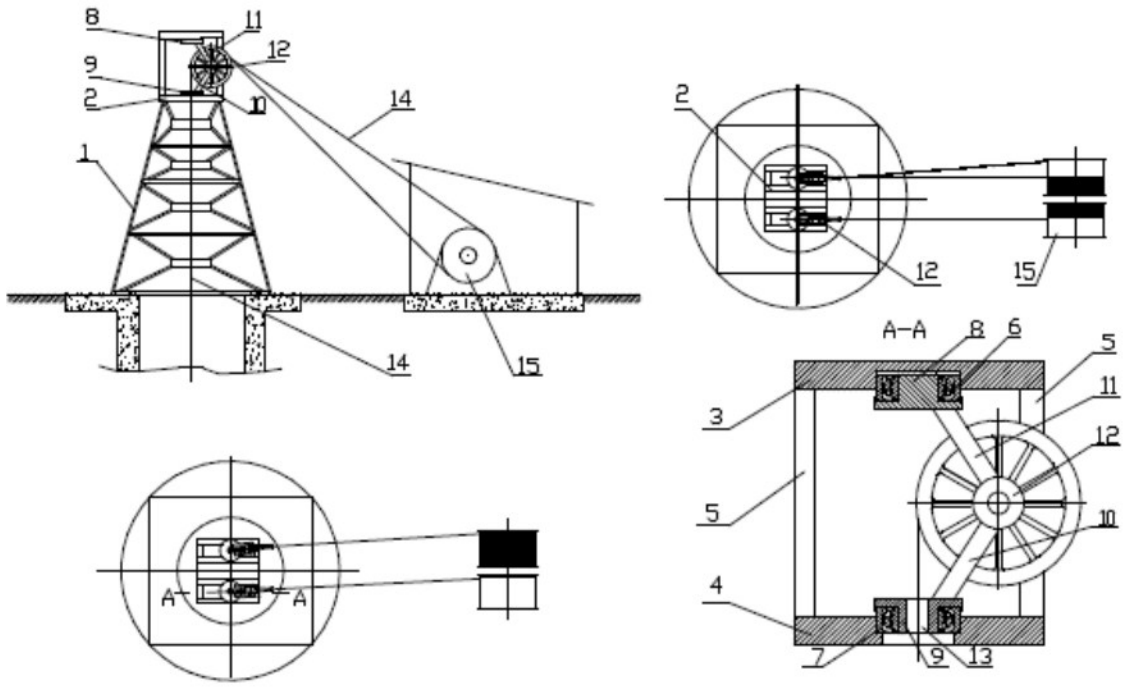


Рис.2. Копер с нулевым углом девиации

1 - опорная часть копра; 2 - подшкивная площадка; 3,4 - верхняя и нижняя упорные плиты; 5 - соединительные элементы упорных плит; 6,7 - подшипники в упорных плитах; 8,9 - поворотные втулки; 10,11 - опорные рычаги отклоняющего шкива; 12 - отклоняющий шкив; 13 - отверстие в нижней поворотной втулке; 14 - подъемный канат; 15 - подъемная машина

В нижней втулке 7 выполнено сквозное отверстие 13, через которое пропускается подъемный канат, закрепленный после огибания отклоняющего шкива 12 на барабане подъемной машины 15.

При работе подъемной машины 15 подъемные канаты 14 сматываются с одного барабана и наматываются на другом барабане (рис.2), при этом канаты отклоняются от осевого положения на угол α (угол девиации).

Шкивы 12, находясь в свободном закреплении в подшипниках 6 и 7, через втулки 8 и 9, укосины 10 и 11 вслед за изменением положения каната поворачиваются относительно центрального положения (рис.3) на угол α как в одну, так и в другую сторону. При этом подъемные канаты всегда сходят по осям нижних втулок и соответственно по осям подъемных сосудов.

Такое техническое решение позволяет увеличить допускаемые углы девиации и уменьшить расстояние между копром и подъемной машиной.

Литература

1. Храпов Ю.Д., Юхимченко А.Г. Подъемные установки на зарубежных рудниках. М.: ЦНИИ ИТЭИЦМ, 1971.- 68 с.

2. Еланчик Г.М. Уравновешенные системы рудничного подъема. М.: Гостопиздат, 1953. – 566 с.

Евгений Григорьевич Фурсов, д.т.н., профессор, тел.8-985-977-51-98;
Владимир Федорович Гусев, к.т.н., доцент;
Игорь Владимирович Деревяшкин, д.т.н., профессор, зав.кафедрой горного дела, E-mail:robotron-04@mail.ru;
Евгений Иванович Комаров, д.т.н., профессор, E-mail: e.i.komarov@rambler.ru
(Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ))

Уважаемые коллеги!

Московский Государственный Университет Геодезии и Картографии (МИИГАиК); Сибирская Государственная Геодезическая Академия (СГГА); Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет (ИрГТУ); Международная Федерация Геодезистов (FIG); ООО Союз маркшейдеров России при активном содействии Объединения профессионалов топографической службы Российского общества содействия развитию фотограмметрии и дистанционного зондирования (РФДЗ) приглашают Вас принять участие в работе V Международной научно-практической конференции «Геодезия. Маркшейдерия. Аэросъемка. На рубеже веков», которая пройдет 13-14 февраля 2014 г., Москва, Новотель.

С тематикой конференции, стоимостью участия, контрольными сроками и требованиям к оформлению заявок и текстов докладов можно ознакомиться на сайте www.con-fig.com или по тел.(926) 294-03-41.

Редакция «МВ»

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

УДК 622.013:622.273:681.51:622.7-52

В.И.Ляшенко

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКОЙ ЗАПАСОВ РУД ПРИ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СЛОЖНОЙ СТРУКТУРЫ[1)]

Изложены основные принципы управления запасами руд, подготовленными и готовыми к добыче на основе создания автоматизированных баз исходных данных с учетом постоянно изменяющихся горно-геологических и горнотехнических характеристик месторождений. Приведены новые методы управления запасами руд, подготовленными и готовыми к добыче, с использованием геоинформационной системы ГИС K-MINE® (разработчик НПП «Кривбассакадеминвест», г.Кривой Рог, Украина). Даны основные научные и практические результаты выполненных исследований на примере урановых месторождений Украины, Российской Федерации, Казахстана и др.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: месторождения; запасы; подготовленные и готовые к добыче; база исходных данных; автоматизированная система; эффективность.

Актуальность проблемы. Обеспеченность горного предприятия запасами руд, подготовленными и готовыми к добыче – один из основных факторов, влияющих на эффективность его работы, особенно в новых рыночных условиях хозяйствования. Так, недостаточная обеспеченность этими запасами руд ведет к сокращению фронта горных работ, нарушениям запланированного проектом порядка отработки месторождения, увеличению разубоживания, снижению производительности горного предприятия, ухудшению качества и повышению себестоимости продукции. Избыточная обеспеченность – приводит к замораживанию в сфере производства значительных оборотных средств, увеличению расходов на содержание и ремонт горных выработок, сопровождается ростом неактивных запасов и повышением потерь руды. Поэтому, развитие технологий управления подготовкой запасов руд при подземной разработке месторождений сложной структуры, работа горных предприятий с научно-обоснованными объемами этих запасов и ресурсами, особенно в условиях рынка является актуальной научной и практической задачей, имеющей большое народнохозяйственное значение.

Технология установления контуров запасов балансовых руд. Одним из важных показателей, влияющих на нормативную величину подготовленности запасов руды к подземной добыче, является подтверждаемость недр по количеству и качеству минерального сырья, который определяется сопоставлением рудных контуров и запасов блоков до и после добычи руды [1-3]. Устанавливается также, какая часть рудной площади подтвердилась, либо появилась новая (прирост запасов), насколько увеличились при этом объем горно-подготовительных, нарезных, эксплуатационно-разведочных выработок, скважин и продолжительность их выполнения.

Технология подземной разработки урановых месторождений. При отработке крутопадающих рудных залежей с учетом падения более 50^0, мощности от 3 до 15 и более 15 м, когда руды и вмещающие породы устойчивые, с коэффициентом крепости по Протодъяконову не менее 12 применяется камерная система разработки с закладкой выработанного пространства (рис.1). Параметры блока: высота – 60-70 м (обычно блоки) или 100-120 м (высокие блоки) длина – 20-100 м, ширина равна мощности рудного тела (при расположении камер по простиранию залежей) и 15-20 м (при расположении камер вкрест простирания залежей), высота подэтажа – 10-20 м. Выемочный запас блока отрабатывается в одну стадию. Отработка фланговая или от центра к флангам, линия забоя ступенчатая или близкая к вертикальной. Обуривание параллельными веерами скважин и подэтажных выработок. Выпуск отбитой руды из блока самотечный через рудовыпускные выработки, расположенные в нижней его части и далее посредством оборудования, например, вибропитателями или погрузочно-доставочными машинами через торец выработки (торцевой выпуск) на откаточный горизонт. Выработанное пространство камер заполняется твердеющей смесью различного состава и прочности [2]. Их применение при индивидуальной или групповой подготовке, нарезке и отработке запасов руды в блоке предопределяет более сложную организацию и планирование горных работ. Такая технология исключает полное совмещение процессов, предшествующих добыче руды в камерах, где закладка не достигла нормативной прочности. Это обусловлено опасностями прорыва твердеющей смеси в горные выработки, обводненностью смежного рудного массива, вызванного водоотдачей закладочной смеси и возможными обрушениями в очистное пространство массива закладки недостаточной прочности.

Выполнение названных условий достигается выделением технологических участков, состоящих из групп камер, отрабатываемых последовательно при стабильном уровне добычи руды из них. Когда одна из камер находится в добыче, другие служат целиками. Ритмичная работа обеспечивается возможностью начать добычу руды в камере первого блока, смежной с отработанной, т.е. в отработанной камере затвердевает закладка, а в запланированной к отработке заканчивают нарезные работы и бурение скважин. Такая технология предопределяет увеличение запасов руд, подготовленных к добыче, т.к. горно-подготовительные выработки проходятся полностью или частично сразу на блок, состоящий из двух и более камер. При групповой подготовке и отработке запасов камер проходится также значительный объем

нарезных выработок. Отсюда горно-подготовительные и, в меньшей мере, нарезные выработки будут существовать на период отработки указанной группы камер. Другая важная особенность рассматриваемой технологии заключается в том, что даже при выполнении полного объема нарезных выработок, запасы руд, граничащие с закладкой, в категорию готовых к добыче можно перевести лишь после набора твердеющей смеси нормативной прочности [3]. В-третьих, готовые к добыче запасы руды заключены в действующих блоках с большим объемом пустот, влияющих на геомеханическую сбалансированность участка месторождения между барьерными целиками. Управление их состоянием обеспечивает сохранность разрабатываемых массивов и земной поверхности над ними, позволяет готовить запасы руды к добыче требуемых объемов с достижением технико-экономической эффективности горного предприятия. Автором уточнены основные признаки, по которым запасы руды в блоке классифицируют по степени подготовленности к добыче и горные выработки – к различным стадиям их подготовки. Учитывается не только назначение, но и срок существования выработок при отработке запасов руд готовых к добыче. При этом, запасы, граничащие с твердеющей закладкой, необходимо переводить в категорию готовых к добыче лишь после набора искусственным массивом нормативной прочности с тем, чтобы появилась возможность начать или продолжать добычу руды. Это позволяет учесть при управлении реальное движение запасов, степень их подготовленности (готовые и подготовленные) и объективно отразить средства (текущие затраты и расходы будущих периодов), вложенные в подготовку руды к добыче.

При восходящей выемке рудных тел сложной морфологии, низкой рудоносности, средней и выше средней устойчивости руд и вмещающих пород применяется система разработки горизонтальными слоями с закладкой (рис.2). В настоящее время, когда повышение качества рудной массы является необходимым условием, эта система будет иметь значительный удельный вес при выемке пологих залежей сложной морфологии. Наиболее приемлемо шахматное расположение вынимаемых и закладываемых участков. С опережением обычно проходят одну разрезную заходку к пункту подачи закладки, стенки этой заходки по мере продвижения разбуриваются разведочными шпурами. По уточненному контуру производится доработка участка параллельными, продольными, поперечными, криволинейными заходками (в зависимости от контура рудного тела).

Методика и техника исследований. Анализ закономерностей движения запасов руд, готовых к добыче на горных предприятиях атомной промышленности Украины, по более чем 200 блокам в различных стадиях подготовки, нарезки и очистной выемки показал скачкообразный характер, единовременно возрастая в период ввода в разработку вновь подготовленных руд, а затем непрерывно уменьшается по мере их погашения (рис.3а). Величину коэффициента α, характеризующего средний уровень запасов руд, готовых к добыче одного блока за весь период его отработки, определяли по формуле

$$\alpha = \sum_{i=1}^{n_0} \frac{Б_i^k}{Б_i^н} / n_0 , \qquad (1)$$

где $Б_i^н$, $Б_i^k$ - запас руды готовой к добыче i- го блока исходный и, соответственно, его остаток на конец определяемого месяца, тыс. т; n_0 – число одновременно отрабатываемых блоков.

Значение α изменялось в широких пределах: от 0,71 до 0,35. С увеличением обеспеченности запасов руд, готовых к добыче, наблюдался рост значений α и, наоборот, с их уменьшением, снижалась обеспеченность (рис.3б). Причем, при снижении α<0,5 значительно сокращался фронт работ. Следовательно, при выполнении плановых показателей горного предприятия по добыче руды и содержанию полезного компонента в ней α>0,5 блоки эксплуатируются с резервом (недозагрузкой), а при α<0,5 – с перегрузкой. В первом случае ввод запасов руд, готовых к добыче, больше, а во втором – меньше объема погашенных. В обоих случаях обеспеченность запасами руд, подготовленными и готовыми к добыче, не соответствует нормативам [4].

Научно-методические основы управления подготовкой запасов руды к добыче. Подготовленные и готовые к добыче запасы руды определяют по планируемым прогрессивным показателям в отдельности для каждой системы разработки. По горному предприятию расчетные показатели по системам разработки суммируются с учетом доли каждой из систем в общем объеме добычи руды. Причем при нормировании запасов, готовых к добыче, в основу расчета положено требование в процессе отработки руд постоянно поддерживать их уровень в среднем блоке за весь период отработки, независимо от параметров, близкий к значению $\alpha_0 Б_{ср}$, где $\alpha_0=(2\ n_c)^{-1}$ – коэффициент, характеризующий систему разработки по величине руд, готовых к добыче в блоке, относительно его начальных запасов $Б_{ср}$; n_c – число очередей (стадий) выемки в блоке (варианты последовательности отработки запасов в блоке). Величина подготовленных к добыче запасов зависит от порядка подготовки, нарезки, отработки запасов руды в блоке, способа поддержания и погашения выработанного пространства. Ее значение, для наиболее распространенных систем разработки урановых месторождений Украины, приведено в табл.1. Минимальное значение k_0=3 характерно для систем разработки с обрушением руды и вмещающих пород с отработкой запасов в одну очередь (стадию) выемки руды в блоке, а также при отработке обособленных рудных залежей или запасов между ранее заложенными камерами (слоями) вторых и последующих очередей, при индивидуальной подготовке блоков. Максимальное значение $k_0 \cong 10$ и более – при выемке руды в камерах последних очередей первого блока и подготовки запасов камер первых очередей выемки – во втором

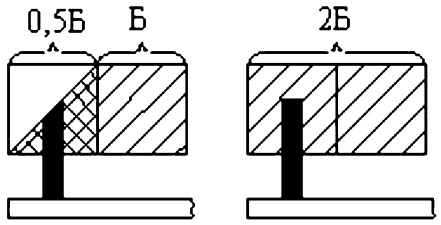
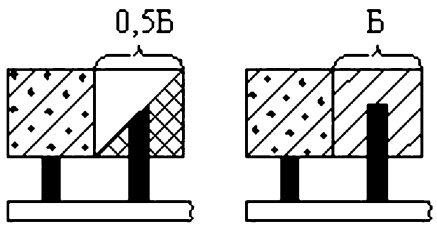
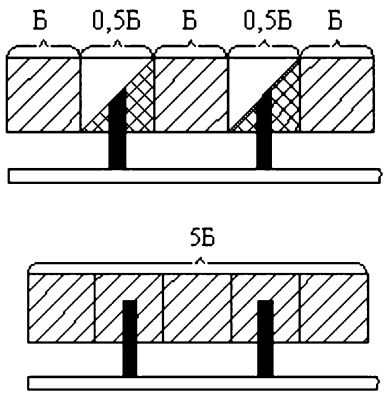
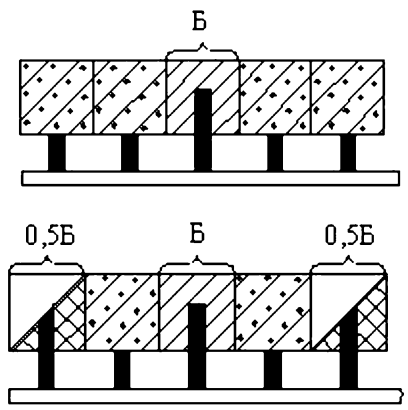
блоке (табл.2) [5]. При смешанном порядке отработки запасов руды в блоках

$$k_{0.cp} = \sum_{i=1}^{n} K_{0.cp.j}\tau_j \ , \qquad (2)$$

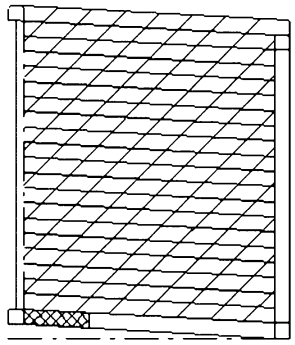
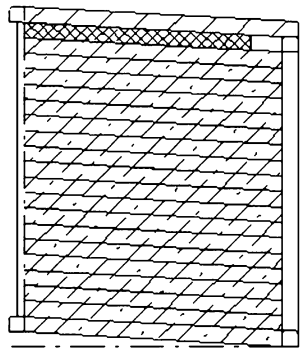
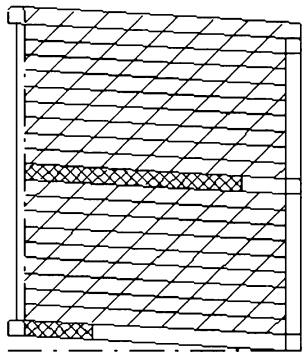
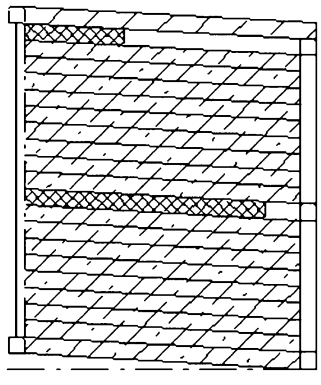
где $k_{0.cp.j}$ – значение коэффициента опережения запасов руды для j-й системы разработки, ед.; τ_j - доля технологической схемы (системы разработки), доли ед.

Таблица 1

Схемы и формулы расчета соотношений между категориями подготовленности запасов руд к выемке

Расчетная схема систем разработки с закладкой	Расчетные формулы	Значение соотношений		
		максимальное, max*	минимальное, min	нормативное, Kcp**
1	2	3	4	5
Камерная Индивидуальная подготовка, нарезка и отработка блоков (план) 	$Б_Г = 0{,}5Б$ $Б_П^{max} = 3{,}5Б$	7		5
	$Б_Г = 0{,}5Б$ $Б_П^{min} = 1{,}5Б$		3	
Групповая подготовка, нарезка и отработка блоков: одновременно отрабатывается 2 из 5 блоков 	$Б_Г = 1{,}0Б$ $Б_П^{max} = 9{,}0Б$	9		6
	$Б_Г = 1{,}0Б$ $Б_П^{min} = 3{,}0Б$ 2		3	

ПРОБЛЕМЫ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

1	2	3	4	5
Слоевая Отработка 1–го слоя в 1-м блоке(вертикальный разрез)   Отработка одновременно 2–х слоев в 1-м блоке 	$Б_{Г} = \frac{0{,}25Б}{n_{сл}}$ $Б_{П}^{max} = \frac{(2n_{сл} - 0{,}25)Б}{n_{сл}}$ $Б_{г} = \frac{0{,}5Б}{n_{сл}}$ $Б_{п}^{min} = \frac{1{,}5Б}{n_{сл}}$ $Б_{г} = \frac{0{,}5Б}{n_{сл}}$ $Б_{п}^{max} = \frac{(2n_{сл} - 1)Б}{n_{сл}}$	$4n_{сл} - 1$ $2n_{сл} - 1$	3	$2n_{сл} + 1$ $n_{сл} + 1$
	$Б_{г} = \frac{0{,}5Б}{n_{сл}}$ $Б_{п}^{min} = \frac{1{,}5Б}{n_{сл}}$		3	

Примечание. Соотношение подготовленных к готовым запасам руд: максимальное (*) и нормативное (среднее) (**); $n_{сл}$ - количество слоев в блоке в зависимости от высоты этажа ($H_э$) и слоя($h_{сл}$). Так, при $H_э$ = 60 м и $h_{сл}$=3 м, количество слоев $n_{сл}$=20.

Таблица 2

Обоснование коэффициента опережения запасов руды в блоке, подготовленных относительно готовых к добыче (k_0)

Наименование группы систем разработки	Расчетные формулы k_0
С обрушением руды и вмещающих пород	$n_c/n + 2$
Камерные с закладкой и подготовкой:	
индивидуальной;	$n_k/n + 2$
групповой	$n_k/n + 3$
Слоевые с закладкой и поочередной отработкой слоев:	
одного;	$2\,n_{C\pi/n} + 1$
одновременно двух	$n_{C\pi/n} + 1$

В табл.2 обозначено: n_k, $n_{сл}$, n – соответственно, число камер, слоев и одновременно отрабатываемых очередей в блоке.

С целью равномерной подготовки и отработки запасов руд, нормативный их уровень в месячных нормах добычи, ($T_п$) по аналогии с готовыми составит

$$T_п = k_{с.р}\, T_г, \qquad (3)$$

где $T_г$ – норматив запасов руды, готовой к добыче, мес.

В условиях сложноструктурных месторождений, отличающихся большой степенью изменчивости содержания полезного компонента в пределах отдельных рудных залежей или отрабатываемых участков норматив запасов определяется в месячных нормах полезного компонента подготовленных к добыче $T_{п.м}$ и готовых $T_{г.м}$ руд заданного качества согласно формул:

$$T_{г.м} = \alpha\, Б_{ср.м}\, (1 - П)\, (a_{о.м})^{-1}\, k_{р.м}; \qquad (4)$$

$$T_{п.м} = k_{с.р}\, T_{г.м}, \qquad (5)$$

где $Б_{ср.м}$ – количество полезного компонента, содержащегося в запасах руды среднего блока, тонн; П – коэффициент потерь полезного компонента при добыче руды, доли ед. (определяется по известным методикам [6]); $a_{о.м}$ – средняя производительность блока по добыче полезного компонента, т/мес; $k_{р.м}$– коэффициент резерва норматива по полезному компоненту, ед.

Для планомерного восполнения части погашенных запасов другая, равная ей по количеству и качеству руд, должна быть готовой, т.е. к определенному моменту в ней выполнен объем работ, позволяющий начать или продолжать очистную выемку. Следовательно, по системе разработки при значениях $T_{п.м}>T_п$ и $T_{г.м}>T_г$ необходимо ежемесячно выполнять нарезные $A_{н.м}$ и горно-подготовительные работы $A_{гпр.м}$ в объемах, определяемых согласно формул:

$$A_{н.м} = A_{о.пл}\, \tau\, V_{н.пр}\, T_{г.м}\, T_г^{-1}; \qquad (6)$$

$$A_{гпр.м} = A_{о.пл}\, \tau\, V_{гпр.пр}\, T_{п.м}\, T_п^{-1}, \qquad (7)$$

где $A_{о.пл}$ – плановая месячная производственная мощность горного предприятия по добыче руды, тыс.т/мес.; τ - доля системы разработки в общей добыче горного предприятия; $V_{н.пр}$, $V_{гпр.пр}$ – проектные объемы, соответственно, нарезных и горно-подготовительных работ на единицу балансовых запасов среднего блока по системе разработки, $м^3$.

Проектный метод основан на базе использования данных проекта по отработке месторождения или отдельных залежей в зависимости от их горно-геологических, горнотехнических и геомеханических условий принятых проектом систем разработки, а также с учетом основного показателя – годовой производительности шахты по руде и металлу. Для редкометальных месторождений со сложным характером залегания рудного тела при недостаточной степени их разведанности и с целью обеспечения ритмичной работы шахты, связанной с изменением рудоносности, предусматривается установление коэффициента резерва нормативов запасов руд, подготовленных и готовых к выемке ($K_р$), в пределах от 1,2 до 1,6. При рудоносности залежей ($P_з$), стремящейся к $P_з$=1,0, значение $K_р$ может быть ниже установленных пределов, а при рудоносности менее $P_з$=0,7–0,8 значение $K_р$ увеличивается до 1,35-1,50, что подтверждается практикой деятельности уранодобывающих предприятий Украины. Учитывая значительную изменчивость контуров рудного тела и содержания металла в руде, рекомендуется при определении нормативов запасов руд и металла, подготовленных и готовых к выемке, для вновь вводимого в эксплуатацию Новоконстантиновского месторождения урановых руд использовать коэффициент резерва в пределах 1,30-1,45. Расчет нормативов подготовленности запасов руд к добыче согласно проектного метода производится по расчетным формулам и показателям, приведенным в табл.3.

Методика построения модели управления подготовкой запасов руды к добыче. Помимо минимальных значений подготовленности запасов руды к подземной добыче, полученных по технологическим критериям и геомеханическим характеристикам горных и искусственных массивов, могут появиться и другие величины, обоснованные экономическими показателями с учетом оптимального использования финансовых и природных ресурсов. Модель при этом базируется на закономерностях изменения ущерба (экономические последствия) горного предприятия от необеспеченности добычного процесса запасами $У_1$ и расходов, связанных с их подготовкой к добыче $У_2$ (рис.4):

$$C = \int_0^{\infty} [У_1(Q) + У_2(Q)]\, dQ, \qquad (8)$$

где С – суммарные затраты на подготовку запасов руды к добыче, денежных ед. (руб., гривни и др.); Q – промышленные запасы руды, тыс. тонн.

Современное направление развития методов управления запасами базируется на использовании вычислительной техники и проведении вычислительного эксперимента, обеспечивающего имитацию динамики горных работ. Основное внимание уделяется вопросам создания автоматизированных банков данных по горно-технологическим условиям ведения горных работ, а также вопросам разработки методов автоматизированного размещения технологических объектов в пространстве горного отвода с использованием средств машинной графики на всех стадиях проектных работ и плановых расчетов [7].

Таблица 3

Исходные данные для расчета подготавливаемости запасов руд к добыче

Показатели	Метод определения	
	статический	проектный
Балансовый запас руды среднего блока, панели, слоя, $Б_{ср}$, тыс. т	Для отработанных эксплуатационных блоков по формуле $Б_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Б_i}{n}$	Устанавливается директивно
Плановая месячная производительность шахты по добыче: руды, $A_{о.пл}$, тыс. т; металла, $A'_{о.пл}$, т	Устанавливается производственной программой	Устанавливается проектом
Количество одновременно отрабатываемых блоков по принятой системе разработки, $n_{бл.о}$, ед.	На основе статистических данных по формуле $n_{б.л.о} = \frac{A_{о.п.т} \cdot \tau_j}{a_{о.ср}}$	То же
Среднемесячная производительность блока (очистная выемка) по добыче руды, $a_{о.ср}$, тыс. т	По выборке ряда отработанных блоков	То же
Удельный вес системы разработки в общей добыче руды по шахте, τ_j , доли ед.	Определяется по формуле $\tau_j = \frac{A_{с.р.j}}{A}$	
Содержание металла в балансовых запасах: начальное, C_i , %; фактическое, $C_ф$, %	По статистическим данным	То же
Среднее содержание металла в балансовой руде, $C_{ср}$, %	То же	То же
Содержание металла в добытой рудной массе, q, %	То же	Определяется по формуле $q = c - \frac{P}{100}(c - b)$
Выход металла на 1000 т добытой руды, q_0 , т/1000 т	То же	Определяется по формуле $q_0 = 10q$
Потери руды, $П$, %	То же	Проектное значение
Разубоживание руды, $Р$, %	То же	То же
Коэффициент извлечения руды по системе разработки, $К_и$, ед.	Определяется по формуле $К_и = \frac{1 - П}{1 - Р}$	
Коэффициент резерва, учитывающий технологическую надежность работы шахты по добыче руды, $К_{р.т.}$, ед.	Определяется по расчетным формулам	Устанавливается проектом
Коэффициент резерва, учитывающий подтверждаемость запасов руды, $К_{р.з}$, ед.	То же	То же
Коэффициент резерва, учитывающий подтверждаемость запасов металла в руде, $К_{р.с.}$, ед.	То же	То же
Коэффициент резерва запасов руды, подготовленных и готовых к выемке, $К_р$, ед.	То же	То же
Коэффициент, характеризующий средний уровень запасов руд в очистной единице, α , ед.	Определяется по формуле $a = \frac{1}{2n_c}$	
Коэффициент, характеризующий систему разработки по соотношению между запасами руд, подготовленных и готовых к выемке, $К_{с.р}$, ед.	Определяется по расчетным формулам	Определяется по схеме и расчетным формулам
Проектный объем нарезных работ на 1000 т балансовых запасов блока по системе разработки, $V_{н.пр}$, $т^3$/тыс. т	По достигнутым прогрессивным показателям	Устанавливается проектом
Проектный объем горно-подготовительных работ на 1000 т балансовых запасов блока по системе разработки, $V_{н.пр}$, $т^3$/тыс. т	То же	То же

Обоснование исходных уравнений. При сложившихся уровнях добычи руды и полезного компонента в ней, с помощью персонального компьютера (ПК) и графоаналитических методов установлены взаимосвязи между месячными объемами добычи $a_{o.ср}$, наличием запасов и числом блоков n_0, в которых заключены указанные руды по результатам парного корреляционно-регрессивного анализа по выборкам факторов $y=a_{0.ср}$ и $x=Б_{ср}^{к}$ и вычислением статистических характеристик (среднее, среднеквадратическое отклонение, дисперсия, асимметрия, эксцесс, коэффициент вариации и их стандартные ошибки) (формы 1, 2, 3).

Форма 1

Движение запасов руды по месяцам

Балансовый запас руды блока, $Б_i$, тыс. т	Добыча руды, $a_{o.i}^{t}$, тыс. т/мес.											
	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

В форме 1 обозначено $a_{o.i}^{t}$ - добыча руды из блоков в t-ом месяце, тыс. т/мес.

Форма 2

Расчетные показатели движения запасов руды по блокам

Запас руды, готовой к добыче, на конец определяемого месяца, тыс. т		Доля запасов руды, готовой к добыче $\alpha_i=Б_i^{к}/Б_i$
Исходный, $Б_i$	Остаточный, $Б_i^{к}$	
1	2	3

Форма 3

Статистические характеристики исследуемой совокупности данных

Название оцениваемых статистических величин	Запас руды (промышленный) в усредненном блоке на конец месяца, $Б_{ср}^{k}$, тыс. т	Средняя производительность блока по добыче руды, $a_{0.ср}$, тыс. т/мес.
	x	y
Количество наблюдений	55	55
Минимальное значение	42,39	5,60
Максимальное значение	96,11	9,95
Среднее значение	60,72	7,59
Дисперсия	126,70	1,61
Среднеквадратическое отклонение	11,26	1,27
Нормированная ошибка среднего	1,51	1,71
Асимметрия	0,92	0,19
Стандартная ошибка асимметрии	0,31	0,31
Эксцесс	4,18	2,02
Стандартная ошибка эксцесса	0,60	0,60

Параметры определяются для следующих наиболее распространенных зависимостей (прямая, парабола, степенная, показательная, логарифмическая и др.):

$$y=(a/x+b)+c;$$

$$y=a+b\,ln\,x;\quad y=a+(b/ln\,x);$$

$$y=a+b\sqrt{x+cx};\quad y=\exp^{a+bx};$$

$$y=(a+bx+cx^2)^{-1};\quad y=x/a+bx+cx^2;$$

$$y=x/\sqrt{a+bx};$$

$$y=a\cdot exp^{bx};\ y=ab^x;\ y=ax^b+c;\ y=ax^b,$$

где a, b, c – коэффициенты, отражающие сложившийся уровень развития горных работ.

Результаты численного моделирования. Алгоритм решения задачи сводится к выбору блоков с определенными промышленными запасами руды и содержанием полезного компонента в ней, удовлетворяющих плановые показатели горного предприятия по количеству руды заданного качества при условии равномерной их отработки. Применительно к горным предприятиям атомной промышленности Украины нормативную обеспеченность запасами готовыми $T_г$ и подготовленными $T_п$ к добыче, рекомендуется[2)] определять согласно выражениям:

$$T_г=\left[0{,}5K_p n_o exp^{0{,}18\left(\frac{A_o}{n_o}\right)}\right]A_o^{-1};\qquad (9)$$

$$T_п=K_{ср}\cdot T_г,\qquad (10)$$

где A_o – производственная мощность горного предприятия из очистных работ, тыс.т/мес.; K_p - коэффициент резерва нормативов подготовленности запасов руды к добыче; $k_{ср}$ – среднее значение коэффициента k_o по горному предприятию, единиц.

При изменении условий развития горных работ выражение (9) корректируется

$$T_г=\left[0{,}5K_p n_o exp^{0{,}12\left(\frac{A_o}{n_o}+8{,}57\right)}\right]A_o^{-1}.\qquad (11)$$

Математическая модель оперативного планирования добычи полезного ископаемого по блокам с учетом равномерного понижения горных работ и соблюдения нормативного уровня запасов, готовых к добыче включает целевую функцию, где в качестве определяющего фактора принимается максимальное значение коэффициента. Величина коэффициента $k\le 1$ вычисляется согласно формуле

$$k_j=k_1\frac{A_{o.j}}{A_{o.пл}}+k\frac{C_{o.j}}{C_{o.пл}}+k_3\frac{\alpha_{o.j}}{0{,}5}\cong 1,\qquad (12)$$

где k_1, k_2, k_3 – соответственно весовые коэффициенты объема руды, содержания полезного компонента в ней и показателя α_o; A_{oj}, $A_{o.пл}$ - соответственно рас-

четный и плановый объем добычи полезного ископаемого по горному предприятию для j-ой модели, тыс.т/мес.; C_{oj}, $C_{o.пл}$ - соответственно расчетное и плановое содержание полезного компонента в добытой руде по горному предприятию для j-ой модели, доли ед.; α_o, 0,5 – соответственно расчетный и плановый показатель для j-ой модели, характеризующий средний уровень готовых к выемке запасов полезного ископаемого по горному предприятию, доли ед; j – номер модели.

Модель реализована на персональном компьютере (ЭВМ) с выводом результатов по форме 4 [8,9]. Выполнение условия (12) может быть достигнуто при расчетных показателях, равных или близких к плановым, то есть $A_{o.j} \cong A_{o.пл}$; $C_{o.j} \cong C_{o.пл}$ и $\alpha_{o.j} \cong 0{,}5$ при коде ситуации 111 (это оптимальный вариант).

Форма 4

Расчетные итоговые показатели по блокам и горному предприятию

Номер блока	Промышленный запас руды блока, тыс.т			Объем добычи руды по блоку, тыс.т/мес. a_{oj}	Содержание полезного компонента в блоке, C_j, %	Объем добычи компонента по блоку, т, $a_{0j}C_j$	Объем добычи руды по горному предприятию, тыс.т/мес., A_0	Содержание полезного компонента по горному предприятию, C_0, %	Показатель, характеризующий средний уровень запасов руды в среднем блоке, доли ед., α_0	Число одновременно отрабатываемых блоков, n_0	Код ситуации
	исходный Бj	на начало месяца, $Б_j^н$	на конец месяца, $Б_j^к$								
1 2 3 n											
По горному предприятию	–	–	–	a_o	–	a_0C	A_0	C_0	α_0	n_0	111

Системное обеспечение управления подготовленностью запасов к добыче. Поставленная задача решалась авторами с использованием современной геоинформационной системы K-MINE® и комплексной системы управления предприятием КСУП КАІ®[10,11]. Она предназначена для автоматизации деятельности всех служб на предприятии и позволяет решать следующие задачи: планирование производства; управление документооборотом, договорами, персоналом, снабжением, сбытом, маркетингом, ремонтами и др.; финансовый, бухгалтерский, складской учет; нормирование труда и др. В основу ее работы положены принципы создания, хранения и использования массивов экономических и технологических данных, отображение анализ этих данных, что позволяет автоматизировать работу персонала, занимающегося вопросами экономического планирования, учета и анализа экономической работы предприятия. Использование алгоритмов и методов оптимизации позволяет повысить качество планирования в условиях ограниченного бюджета и снизить время на принятие управленческих решений.

Таким образом, существует возможность повысить эффективность функционирования горного предприятия, улучшить макроэкономические показатели, уменьшить время получения и возможность многовариантного просмотра оперативной информации по основным показателям работы предприятия (подразделений), удобства доступа к информации, точности и достоверности получаемой информации, эффективности принятия управленческих решений (за счет использования аналитических отчетов), что является важным фактором его существования в условиях рынка. В целом автоматизация геоинформационного обеспечения горного производства на базе **КСУП КАІ®** существенно улучшает условия для оперативного анализа горногеологической ситуации, принятия оптимальных технологических параметров и решений при разработке годовой производственной программы, обоснования нормативов запасов руд, подготовленных и готовых к добыче, потерь и разубоживания урановой руды, стабилизации ее качества, подаваемой на гидрометаллургический завод [12,13].

Оценка полученных результатов. Для рационального использования и охраны недр, повышения эффективности работы горнодобывающих предприятий и безопасного ведения горных работ камерными и слоевыми системами с закладкой выработанного пространства на месторождениях урановых руд Украины специалистами ГП «УкрНИПИИпромтехнологии» (г.Желтые Воды, Украина) разработана и согласована Госгорпромнадзором Украины «Инструкция по нормированию запасов руд, подготовленных и готовых к выемке, на шахте ГП «Дирекция».Она содержит основные методические, технологические и организационно-технические требования к определению нормативов запасов руд, подготовленных и готовых к выемке при проектировании, ведении добычи в условиях подземной разработки месторождений этих руд и предназначена для инженерно-технических и научных работников горнодобывающих предприятий, проектных и научно-исследовательских институтов отрасли, занимающихся проектированием и разработкой месторождений руд редких металлов. В ней предусмотрены единые методические положения при определении нормативов запасов руд, подготовленных и готовых к выемке, что обеспечит рациональное использование месторождений полезных ископаемых

и ритмичную работу шахты, а также простоту и достоверность их расчетов для технико-экономической оценки систем разработки и технологии добычи.

ВЫВОДЫ

1. Разработаны методы управления подготовкой запасов руд к добыче, основанные на установленных зависимостях: величины соотношений между подготовленными и готовыми к добыче запасами руды в блоке, от схемы их подготовки, нарезки, отработки, способа поддержания и погашения выработанного пространства (величина коэффициента опережения k_0 изменяется в пределах 4,0…5,7); объемов горно-подготовительных работ; от количества полезного компонента в запасах, подготавливаемых к добыче, и параметров блока (значения подготовленности запасов к добыче определенные по руде отличаются на 10…15% от аналогичных значений, определенных по металлу); показателями извлечения полезных ископаемых из недр, от характеристики элементов залегания рудных залежей (коэффициенты потерь и разубоживания по металлу составляют 75% аналогичных показателей, определенных по руде); среднего месячного объема добычи руды блока, от его параметров (a_0=5,6 *ln* $Б^к$ – 15,4), при коэффициенте корреляции – 0,8.

2. Разработана и реализована на ЭВМ математическая модель оперативного планирования месячных объемов добычи руды по блокам с определенными промышленными запасами и содержаниями полезного компонента в них, удовлетворяющих плановые показатели горного предприятия при условии равномерной отработки (α_0~0,5).

3. Для эксплуатируемых урановых месторождений Украины нормативы подготовленных запасов руды к добыче составляют 20…30 мес. и готовых – 4,0…5,0 мес. Технологии управления запасами руд при подземной разработке месторождений сложной структуры можно распространить и на месторождения руд черных и цветных металлов.

4. Эффективность автоматизированной комплексной системы достигается за счет следующих показателей: снижение условно-постоянных затрат 5-7%; сокращение срока оборачиваемости оборотных активов до 7-10%; сокращение производственных запасов и неликвидов на 15-20%; снижение простоев оборудования на 5-7%; повышение коэффициента использования оборудования на 3-5%; увеличение скорости получения оперативной технологической информации в 10 раз; снижение количества внеплановых простоев оборудования на 3-5%; увеличение скорости доступа к оперативной геолого-маркшейдерской, технологической и экономической информации (о нормах расходов материалов, трудоемкости, ценах по операциям и пр.) в 10-20 раз.

Литература

1. Кодекс Украины о недрах г.Киев, 27 июля 1994 года № 132/94-ВС.

2. Ляшенко В.И., Мечиков О.С. Совершенствование методов управления запасами полезных ископаемых//Разведка и охрана недр.-1993.- № 10.- С. 4-7.

3. Ляшенко В.И., Колоколов О.В. Новые методы управления запасами полезных ископаемых на месторождениях сложной структуры // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1993. - №2. – С. 34-38.

4. Ляшенко В.И. Пути оптимизации показателей извлечения руд на урановых рудниках // Горный журнал. – 2003. - №4.–5.-С. 43-47.

5. Ляшенко В.И. Природо– и ресурсосберегающие методы управления запасами при подземной разработке урановых месторождений // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2005. - №1.- С. 122-127.

6. Ляшенко В.И. Развитие методов управления запасами руд при подземной разработке месторождений сложной структуры//Горный журнал. -2005.-№6. -С.43-46.

7. Ляшенко В.И. Совершенствование технологий управления запасами руд при подземной разработке урановых месторождений //Науковий вісник НГУ.- 2005. -№7.- С.26-35.

8. Ляшенко В.И. Развитие технологий управления подготовкой запасов руд при подземной разработке месторождений сложной структуры // Науковий вісник НГУ.– 2005. -№10.- С. 23-30.

9. Ляшенко В.И., Голик В.И. Природоохранные и ресурсосберегающие технологии подземной разработки урановых месторождений // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності.– 2007. -№1.- С. 53-67.

10. Ляшенко В.И., Назаренко В.М., Назаренко М.В. Рациональному использованию недр урановых месторождений – надежное геолого-маркшейдерское и приборное обеспечение // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності.– 2007. -№6.- С. 65-76.

11. Назаренко М.В., Назаренко В.М., Ляшенко В.И. Планирование и проектирование горных работ на основе автоматизированных геоинформационных систем // Цветная металлургия. - 2011. - № 1 - С. 3-16.

12. Ляшенко В.И.Управление запасами руд урановых месторождений на основе инженерного и геоинформационного обеспечения //Разведка и охрана недр.-2012.-№4.- С.59-65 .

13. Ляшенко В.И. Научные основы управления запасами руд урановых месторождений//Маркшейдерский вестник. – 2012.-№5.-С.21-30.

---

[1]Научные и практические результаты получены в ходе выполнения научно-исследовательской работы (научный руководитель - В.И.Ляшенко) Исследование и разработка инструкции по нормированию запасов руд подготовленных и готовых к выемке на шахте ДП «Дирекция (№ГР 0109U007701) при участии А.Х.Дудченко, Д.В.Дятчина, А.И.Леденева, И.С.Хавренко и др.

[2]В работе принимал участие Андриенко В.В.

Василий Иванович Ляшенко, к.т.н., ст.н.с., Государственное предприятие Украинский научно-исследовательский и проектно-разведывательный институт промышленной техно-

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

логии, г.Желтые Воды, Украина, тел.+38(05652)290-64

УДК 528.236

В.Л.Клепко, В.Е.Коновалов

МЕСТНЫЕ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

Рассмотрены вопросы установления местных систем координат с точки зрения авторов некоторых публикаций, выделены существующие проблемы и предложены пути их разрешения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: местные системы координат; правила установления местных систем координат.

В.Л.Клепко

В.Е.Коновалов

Местная система координат – это система плоских прямоугольных координат в проекции Гаусса-Крюгера с местной координатной сеткой.

К параметрам координатной сетки относятся:

- долгота осевого меридиана первой зоны ($L_{0,1}$);
- координаты начала системы координат (координаты условного начала) x_0, y_0;
- ширина координатной зоны ΔL;
- масштаб на осевом меридиане m.

Исторически местные системы координат появились задолго до того, как стали создаваться общегосударственные и тем более общеземные системы координат.

В местных системах координат выполнялись съемки городов и крепостей в XVIII-XIX веках [4]. Интенсивное развитие городов и необходимость топографо-геодезического обеспечения строящихся объектов вызывали потребность в создании крупномасштабных топографических планов для локальных участков местности. По мере развития государственных геодезических сетей все локальные сети были связаны с государственными сетями.

Во второй половине XX века после введения в 1946 г. государственной системы координат 1942 г. (СК-42) местные системы координат стали создаваться на основе пунктов государственной геодезической сети 1-4 классов с использованием различных способов задания осевого меридиана и поверхности относимости, как правило, в 3-х градусной зоне проекции Гаусса-Крюгера.

Необходимость применения местных систем плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера обусловлена двумя причинами:

- обеспечение режима секретности при использовании каталогов координат и результатов топографической съемки. Если эта информация будет храниться и использоваться в местных системах координат, то она не будет иметь грифа секретности, установленного соответствующими нормативными документами;
- уменьшение величин поправок за переход на плоскость проекции Гаусса-Крюгера с тем, чтобы их не учитывать при производстве топографо-геодезических работ на сравнительно небольшой площади (населенный пункт, строительная площадка, карьер и т.п.).

Начало отсчета координат в местной системе координат смещено по отношению к началу отсчета координат в единой государственной системе координат, а оси этих координатных систем имеют угол разворота относительно друг друга. Поэтому плоские прямоугольные координаты какой-либо точки в местной системе координат и в государственной системе координат разные.

Есть определенный смысл разделить местные системы координат на региональные и локальные.

Региональные системы – системы, которые устанавливаются на площади, не превышающей территорию субъекта Российской Федерации. Они, как правило, реализуются в нескольких трехградусных зонах.

Локальные системы устанавливаются на небольшой площади с использованием одной зоны, размеры которой зависят от конкретной площади объекта.

Региональные системы плоских прямоугольных координат устанавливают путем изменения долгот осевых меридианов региональных зон по отношению к государственным зонам. Преобразование координат Гаусса-Крюгера из государственной системы в систему региональных координат осуществляется в следующей последовательности.

1. Переход от истинных плоских прямоугольных координат (x, y) Гаусса-Крюгера к геодезическим координатам B, L по формулам [4]:

$$\beta=\frac{x}{6367558{,}4969};\quad z_0=\frac{y}{6378245\cos B_0};\qquad (1)$$

$$\begin{aligned}B_0=&\beta+\sin 2\beta(0{,}00252588685-0{,}00001491860\sin^2\beta+\\&+0{,}00000011904\sin^4\beta);\\ \Delta B=&-z^2_0\sin 2B_0(0{,}251684631-0{,}003369263\sin^2B_0+\\&+0{,}000011276\sin^4B_0)+z^4_0\sin 2B_0(0{,}10500614-\\&-0{,}04559916\sin^2B_0-0{,}00228901\sin^4B_0-\\&-0{,}00002987\sin^6B_0)-z^4_0\sin 2B_0(0{,}10500614-\\&-0{,}0455991\sin^2B_0+0{,}00228901\sin^4B_0-\\&-0{,}00002987\sin^6B_0)-z^6_0\sin 2B_0(0{,}042858-\\&-0{,}025318\sin^2B_0+0{,}014346\sin^4B_0-\\&-0{,}001264\sin^6B_0)+z^8_0\sin 2B_0(0{,}01672-\\&-0{,}00630\sin^2B_0+0{,}01188\sin^4B_0-0{,}00328\sin^6B_0).\end{aligned}\qquad (2)$$

$$B=B_0+\Delta B;\qquad (3)$$

$$\begin{aligned}l=&z_0(1-0{,}0033467108\sin^2B_0-0{,}0000056002\sin^4B_0-\\&-0{,}0000000187\sin^6B_0)-z^3_0(0{,}16778975+\\&+0{,}16273586\sin^2B_0-0{,}00052490\sin^4B_0-\\&-0{,}00000846\sin^6B_0)+z^5_0(0{,}0420025+\\&+0{,}1487407\sin^2B_0+0{,}0059420\sin^4B_0-\\&-0{,}0000150\sin^6B_0)-z^7_0(0{,}01225+0{,}09477\sin^2B_0+\end{aligned}\qquad (4)$$

$+0{,}03282\sin^4 B_0 - 0{,}00034\sin^6 B_0) + z^9{}_0(0{,}0038 +$
$+0{,}0524\sin^2 B_0 + 0{,}0482\sin^4 B_0 - 0{,}0032\sin^6 B_0);$

$$L = L_0 + l. \quad (5)$$

В формулах (2) – (4) величины B и L вычисляются в радианах.

2. Определение номера зоны k в региональной системе координат, вычисление долготы осевого меридиана L_0^k и получение разности долгот l_p:

$$k_{(\text{цщелочисло})} = \frac{(L - L_0^1 + 3^\circ)}{3^\circ}; \quad (6)$$

$$L_0^k = L_0^1 + 3^\circ(k-1);\ l_p = L - L_0^k.$$

3. Вычисление истинных плоских прямоугольных координат x_p, y_p Гаусса-Крюгера по формулам:

$x_p = 6367558{,}4968B - \sin 2B(16002{,}89 +$
$+66{,}9607\sin^2 B + 0{,}3515\sin^4 B) + l^2 \sin 2B(1594561{,}25 +$
$+5336{,}535\sin^2 B + 26{,}790\sin^4 B + 0{,}149\sin^6 B) +$
$+l^4 \sin 2B(672483{,}4 - 811219{,}9\sin^2 B + 5420{,}0\sin^4 B -$
$- 10{,}6\sin^6 B) + l^6 \sin 2B(278194 - 830174\sin^2 B +$
$+572434\sin^4 B - 16010\sin^6 B) + l^8 \sin 2B(109500 -$
$- 574700\sin^2 B + 863700\sin^4 B - 398600\sin^6 B);$ (7)

$y_p = l \cos B(6378245 + 21346{,}1414\sin^2 B +$
$+107{,}1590\sin^4 B + 0{,}5977\sin^6 B) +$
$+l^3 \cos B(1070204{,}16 - 2136826{,}66\sin^2 B +$
$+17{,}98\sin^4 B - 11{,}99\sin^6 B) + l^5 \cos B(270806 -$
$- 1523417\sin^2 B + 1327645\sin^4 B - 21701\sin^6 B) +$
$+ l^7 \cos B(79690 - 866190\sin^2 B +$
$+1730360\sin^4 B - 945460\sin^6 B).$ (8)

Определение условных плоских прямоугольных координат x'_p, y'_p по истинным координатам x_p, y_p:

$$x'_p = x_p + x_0;\ y'_p + k \cdot 10^6 + y_0. \quad (9)$$

Формулы (7), (8), (9) показывают, что взаимная связь двух систем плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера - государственной и региональной - осуществляется с помощью трех параметров (ключей):

- долготы осевого меридиана L_0^1 первой трехградусной зоны;

- истинных координат x_0, y_0 начала региональной системы плоских прямоугольных координат Гаусса-Крюгера.

Эти параметры устанавливаются разработчиком региональной системы координат, хранятся в Управлении Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии субъекта Российской Федерации и являются закрытой информацией.

Локальные системы плоских прямоугольных координат могут быть установлены двумя способами.

Первый способ определен руководством [8] и предписывает установление локальной (местной) системы координат применением проекции Гаусса-Крюгера с произвольным осевым меридианом, проходящим по центральной части или вблизи участка с таким расчетом, чтобы поправки за редуцирование линий и углов на плоскость проекции были пренебрегаемо малы.

При уравнивании сетей сгущения в местной системе координат необходимо было все координаты исходных пунктов преобразовать в местную систему координат с учетом отнесения их к поверхности относимости города или поселка городского типа (ПГТ). Как правило, за поверхность относимости следовало принимать средний уровень города.

Такая местная система координат определена в работе [4] как местная система координат с постоянными коэффициентами.

Для преобразования координат пунктов из СК-42 в местную систему и обратно должны были быть известны следующие параметры:

- значения координат начального пункта в СК-42 (X_0, Y_0);

- значения координат начального пункта в местной системе координат (x_0, y_0);

- угол поворота (γ) местной системы относительно системы СК-42 в начальном пункте;

- масштаб (m) местной системы относительно СК-42;

- значение поверхности относимости (H_0), к которой отнесены измерения (обычно это уровень моря (H_0=0), или средний уровень города (H_0=$H_{гор.}$);

- долгота осевого меридиана местной системы (L_0);

- принятый для местной системы референц-эллипсоид (эллипсоид Красовского);

- принятая система высот (Балтийская система высот 1977 г.).

Угол (γ) поворота осей координат (x, y) местной системы координат относительно осей координат (X, Y) государственной системы означает угол поворота осевого меридиана зоны, в которой установлена местная система координат, относительно осевого меридиана шестиградусной зоны в проекции Гаусса-Крюгера. Он отсчитывается по ходу часовой стрелки от осевого меридиана шестиградусной зоны проекции Гаусса-Крюгера (рис.1).

Если γ не задается, то его можно вычислить с высокой точностью (менее 0,001") по формулам, приведенным в работе [4].

Угол γ с достаточной точностью может быть вычислен по формуле:

$$\gamma = (\alpha'_{OP} - \delta'_{OP}) - (\alpha_{OP} - \delta_{OP}), \quad (10)$$

где $\alpha_{OP}, \alpha'_{OP}$ - дирекционные углы стороны OP в государственной и местной системах координат соответственно (рис.1); $\delta_{OP}, \delta'_{OP}$ - поправки за кривизну изображения геодезической линии при переходе на плоскость проекции Гаусса-Крюгера в государственной и местной системах координат соответственно.

Если масштаб (m) местной системы координат не задан, его определяют косвенно по формуле:

$$m_i = \frac{(s'_{ki})_{МСК}}{(s_{ki})_{СК-42}}, \qquad (11)$$

где $(s'_{ki})_{МСК}$ и $(s_{ki})_{СК-42}$ – длины сторон, вычисленные по координатам совмещенных пунктов, соответственно, в местной системе координат и СК-42.

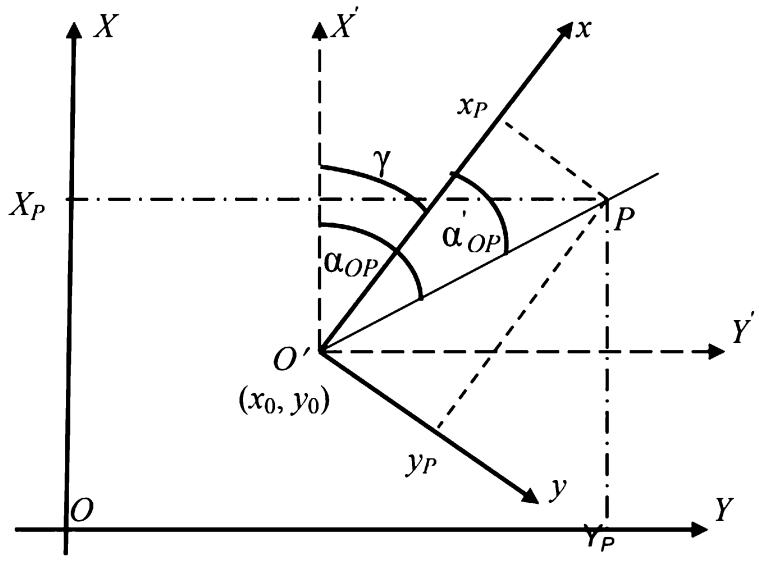


Рис.1. Угол поворота осей координат у местной системы координат относительно государственной системы координат

Преобразование координат из местной системы координат в государственную систему производится по формулам:

$$X^{Гос} = X_0^{Гос} + x' + (y_0 \cdot f \cdot y' + y_0^2 \cdot f)x';$$
$$Y^{Гос} = Y_0^{Гос} + (y_0 \cdot f \cdot y' + y_0^2 \cdot f)y' - y_0 \cdot f \cdot (x')^2, \qquad (12)$$

где $X^{Гос}$, $Y^{Гос}$ – координаты пункта в государственной системе координат в шестиградусной зоне проекции Гаусса-Крюгера (СК-42, СК-95); $X_0^{Гос}$, $Y_0^{Гос}$ – координаты начального пункта местной системы координат в государственной системе координат; x', y' – координаты пункта в местной системе координат; $f = \frac{l}{2R_0^2}$;

R_0 – радиус кривизны в точке начала местной системы координат.

Координаты x', y', входящие в формулу (9), должны быть преобразованы за поворот осей координат местной системы координат относительно государственной системы и за переход от среднего уровня населенного пункта (H_0) к уровню моря по формуле:

$$x' = \Delta x(1 - \frac{H_0}{N_0})\cos\gamma - \Delta y(1 - \frac{H_0}{N_0})\sin\gamma;$$
$$y' = \Delta y(1 - \frac{H_0}{N_0})\cos\gamma - \Delta x(1 - \frac{H_0}{N_0})\sin\gamma; \qquad (13)$$
$$\Delta x = x - x_0; \Delta y = y - y_0,$$

где x_0, y_0 – координаты начального пункта в местной системе координат; x, y - координаты пункта в местной системе координат; N_0 - радиус кривизны первого вертикала в точке начала местной системы координат; γ - угол поворота осевого меридиана местной системы координат относительно осевого меридиана шестиградусной зоны проекции Гаусса-Крюгера.

Значение N_0 учитывается только в том случае, если в населенном пункте принята поверхность относимости с абсолютной высотой H_0. Если в установленной местной системе координат все измерения отнесены к уровню Балтийского моря, то в формулах (13) значение $\frac{H_0}{N_0}$ принимается равным нулю.

Преобразование координат из государственной системы координат в местную систему производится по следующим формулам:

$$x = x_0 + \Delta X(1 + \frac{H_0}{N_0})\cos\gamma + \Delta Y(1 + \frac{H_0}{N_0})\sin\gamma;$$
$$y = y_0 + \Delta Y(1 + \frac{H_0}{N_0})\cos\gamma - \Delta X(1 + \frac{H_0}{N_0})\sin\gamma;$$
$$\Delta X = \Delta X' - (2Y_0 \cdot f \cdot \Delta Y' + Y_0^2 \cdot f)\Delta X'; \qquad (14)$$
$$\Delta Y = \Delta Y' - (Y_0 \cdot f \cdot \Delta Y' + Y_0^2 \cdot f)\Delta Y' + Y_0 \cdot f(\Delta X')^2;$$
$$\Delta X' = X'^{oc} - X_0'^{oc}; \ \Delta Y' = Y'^{oc} - Y_0'^{oc}.$$

В формулах (14) приняты те же обозначения, что и в формулах (12) и (13). Если в местной системе координат измерения отнесены к уровню моря, выражение $\frac{H_0}{N_0}$ принимается равным нулю.

Второй способ по существу такой же, как и способ установления региональной системы координат, рассмотренный выше. Отличие состоит в том, что в локальной системе координат нет деления на зоны. Поэтому за осевой меридиан принимается меридиан, проходящий примерно через середину объекта.

В настоящее время документ [7] определяет порядок установления местных систем координат на территории Российской Федерации. Под местной системой координат понимают условную систему координат, установленную в отношении ограниченной территории, не превышающей территорию субъекта Российской Федерации. Начало отсчета координат и ориентировка осей координат смещены по отношению к началу отсчета координат и ориентировки осей координат единой государственной системы координат, используемой при осуществлении геодезических и картографических работ.

Обязательным требованием при установлении местных систем координат является обеспечение возможности перехода от местной системы координат к государственной системе координат. Этот переход осуществляется с использованием параметров перехода (ключей).

Вопросы, связанные с применением местных систем координат, активно обсуждаются в последние годы [1, 2, 4, 6 и др.]. Каждые из авторов, опираясь на теоретические положения и накопленный практиче-

ский опыт, усиленно отстаивают свою точку зрения.

Определенный интерес вызывает позиция авторов статьи [4], в которой предлагается создание интегрированной системы пространственных местных систем координат (ПМКС) по субъектам Российской Федерации. Параметры ориентировки этих ПМКС в теле Земли выбираются такими, чтобы координаты опорных геодезических сетей в новой (создаваемой) ПМКС отличались от координат в общеземной геоцентрической (ПЗ-90) и государственной геодезической (СК-95) системах координат на величину, больше 10 метров. Параметры ориентировки ПМКС данного субъекта РФ должны отличаться от ПМКС других субъектов РФ.

В статье [1], ссылаясь на п.7 в постановлении [7], рассмотрен пример преобразования топографической карты на территорию Ленинградской области в местную систему координат.

Для построения местной системы координат выбраны следующие параметры:

- эллипсоид WGS-84;
- проекция UTM, зона 36 (о проекции UTM см. [5]);
- Балтийская система высот 1977 г.;
- смещение к началу местной системы координат относительно системы WGS-84: DX=–23,400 м; DY=–117,400 м; DZ=73,650 м;
- углы поворота осей местной системы координат относительно системы WGS-84; WX=0,135"; WY=0,345"WZ=0,815";
- масштабный коэффициент (M=0,05 мм/км = $=0{,}05\times10e^{-6}$).

В статьях [3] и [6] подвергнуты критике ряд определений, приведенных в статях [1], [4]. Авторы считают, что термин «местные системы координат» не означает установления какой–то особой геодезической системы координат со своим началом и ориентировкой осей, как это определено в [4]. Они называют местную систему координат системой плоских прямоугольных координат в проекции Гаусса-Крюгера с местной координатной сеткой. Местные системы координат создаются в государственной геодезической системе координат с элементами проекции Красовского.

Плоские прямоугольные координаты $x_м$, $y_м$ в местной системе координат и x, y в проекции Гаусса-Крюгера разные. Термин «местные системы координат» не относится к пространственным прямоугольным координатам X, Y, Z и к геодезическим координатам B, L. На картах, составленных в местной системе координат и государственной системе СК-42, координаты B, L контуров одни и те же.

В [3,6] названы основные мероприятия:

- восстановить государственное управление высшей геодезии, в том числе возобновить работу межведомственной комиссии по ГГС;
- в кратчайшие сроки завершить полевые работы по созданию высокоточной геодезической сети и уравнять ее в системе координат СК-95;
- разработать Правила установления местных систем координат, в частности, исключив из них режим секретности;
- разработать инструкцию о построении спутниковых геодезических сетей 1 класса, включив методику их уравнивания;
- перевести местные системы координат из старой государственной системы СК-42 в современную государственную систему СК-95.

Применение местных систем координат должно найти отражение в нормативно-правовых актах и стать обязательным для исполнения всеми субъектами геодезической и картографической деятельности. В этой связи большие надежды возлагаются на образованное в соответствии с указом Президента Российской Федерации от 12 марта 2012 года №296 открытое акционерное общество (ОАО) «Роскартография».

Одним из основных направлений деятельности ОАО «Роскартография» является расчет, согласование и внедрение местных систем координат, преобразование координат из любой системы в любую вне зависимости от объема исходной информации.

Литература

1. Беленков О.В. Методика установления местных систем координат. «Геопрофи» 2009. – №2. с.32-34.

2. Герасимов А.П. Местные системы координат. «Геопрофи» 2009. – №4. с.32-34.

3. Герасимов А.П., Назаров В.Г. Местные системы координат. – М.: ООО «Издательство «Проспект», 2010, – 64 с.

4. Демьянов Г.В., Майоров А.Н., Побединский Г.Г. Местные системы координат, существующие проблемы и возможные пути их решения. «Геопрофи» 2009. – №2. с.52-57.

5. Клепко В.Л., Александров А.В. Системы координат в геодезии. Уральский государственный горный университет.– Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2011, – 114 с.

6. Мельников А.В., Самратов У.Д., Хвостов В.В. О местных системах координат и геодезической основе государственного кадастра недвижимости. «Геопрофи» 2009. – №4. с.53-55.

7. Правила установления местных систем координат. Постановление Правительства Российской Федерации от 3 марта 2007 г. №139.

8. Руководство по математической обработке геодезических сетей и составлении каталогов координат и высот пунктов в городах и поселков городского типа. ГКИНП – 06 – 233 – 90 (Издание официальное). М.: ГУГК СССР, 1990, – 376 с.

Владлен Лазаревич Клепко, доцент кафедры геодезии и кадастров, тел.:(343) 257-32-04;
Владимир Ефимович Коновалов, канд.техн. наук, доцент кафедры геодезии и кадастров, тел.:(343) 257-32-04
(Уральский государственный горный университет)

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

УДК 528.5

А.А.Пустуев

О ПОВЕРКАХ МАРКШЕЙДЕРСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Рассматривается опыт обслуживания, поверки, ремонта и юстировки инструментов и приборов при производстве маркшейдерских работ.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: инструменты и приборы; маркшейдерские работы; обслуживание, поверка, ремонт и юстировка.

Накопленный опыт работы (стаж работы маркшейдером с 1982 г. на Норильском никеле и более 20 лет на Учалинском ГОКе) позволяет мне поделиться своими убеждениями о порядке юстировки геодезических инструментов.

Пункт 10 инструкции по производству маркшейдерских работ РД 07-603-03 обязывает «Инструменты и приборы, используемые при производстве маркшейдерских работ, подлежат поверке в установленном порядке и в установленные сроки». Комментарии к инструкции по производству маркшейдерских работ, изданные специалистами московского государственного горного университета (авторы В.Н.Попов, В.Н.Сученко С.В.Бойко «Издательство МГТУ, 2007») доходчиво объясняют детали и смысл этого пункта. Поверка средств измерений – совокупность операций, выполняемых органами государственной метрологической службы (другими уполномоченными на то органами, организациями). Маркшейдерские приборы с недавнего времени приравняли к многотысячным средствам измерений, перечислить которые не представляется возможным. На первый взгляд, все логично. Но если посмотреть на это требование повнимательнее со стороны исполнителя работ, требование выгодно организациям, выполняющим поверки. До недавнего времени поверки производили сами маркшейдеры на горных предприятиях, лицензии на эту работу не требовалось. Допустим, произошла серьезная ошибка из-за неисправности теодолита, нивелира или тахеометра, поверенных своевременно в организации, имеющей на это лицензию. При разборе такого инцидента ни кому в голову не придет обвинить поверяющего эти инструменты. Обвинят маркшейдера. В жизни ни один маркшейдер не поверит официальному свидетельству о поверке, пока самолично не убедится в исправности теодолита, нивелира, тахеометра, спутниковой или сканирующей системы. За конечный результат любых маркшейдерских измерений любыми приборами отвечает маркшейдер, а ни в коем случае не организация, выполнившая поверку.

Из личного опыта. Обслуживал монтаж подъемной машины, выполнил поверку нивелира. Выставил по высоте вал подъемной машины, через день монтажники, проверив уровнем положение вала, засомневались в моих измерениях. Проверив нивелир, обнаружил, что инструмент неисправен - сетка нитей сдвинулась во время транспортировки до места монтажа. При этом действующее свидетельство о поверке на нивелир есть. Свидетельство о поверке инструмента в жизни нужно для предъявления инспектору РОСТЕХНАДЗОРА и прочим контрольным органам.

На сегодня цена поверки в различных организациях практически равная, для поверки нивелира стоимостью 5000 руб. надо уплатить 2000 руб. Поверка лазерной рулетки - 1500-2000 руб., поверка теодолита - 2700 руб., поверка тахеометра - 5900 руб., спутниковая система - 8000 руб., сканирующая система - 8500 руб. Для сравнения: техосмотр автомобиля - 500 руб.

С доставкой на поверки в сервисный центр тоже не все безоблачно. На нашем руднике маркшейдерский отдел включает 13 маркшейдеров, семь тахеометров, восемь теодолитов, тринадцать нивелиров в работе, один сканер для съемки очистных камер. Ближайший сервисный центр в Челябинске - 250 км, чаще отвозим в Екатеринбург - 400 км. Рудник работает без выходных, выходной 1 день первого января. Все инструменты за раз сдать на поверки нет возможности, отвозим половину. Рудник Узельгинский – это четыре одновременно разрабатываемых месторождения, расположенных от основного АБК на расстоянии 2 км, 8 км, 11 км. Сдав на две недели половину инструментов, возникают серьезные трудности. В Магадане или Якутии километраж, наверное, не меньше. Перевозка маркшейдерских инструментов по родным российским дорогам на такие километры положительно на их работоспособности не сказывается.

Выводы из выше сказанного.

Маркшейдерские инструменты - это приборы для измерения, но за результат измерений отвечает специалист-маркшейдер: каким бы современным тахеометр ни был, но в процесс измерений всегда включается человеческий фактор. Поэтому поверку необходимо делать самому маркшейдеру, после обнаружения неисправности инструмента, отсутствия возможности юстировки на месте и для ремонта инструментов обращаться в сервисный центр.

Теодолит, тахеометр, нивелир - это не счетчик учета воды, электроэнергии или ГСМ, не гаишный радар, показания которых неоспоримы. Маркшейдер, работающий маркшейдерскими инструментами, кровно заинтересован в правильности измерений и в исправности своих инструментов. Неисправными они

могут стать в любую минуту, и государственная поверка раз в год - не гарантия правильности работы маркшейдерских инструментов, а ненужная бюрократическая обязанность, создающая дополнительные весомые заботы, и выкачивание денег из горнодобывающих предприятий в карман метрологической службы. Чтобы проверить исправность тахеометра, теодолита, нивелира, спутниковой системы, сканирующей системы нет необходимости их везти в далеко находящиеся специализированные организации. Геодезические инструменты должны подвергаться поверке органами Государственной метрологической службы при выпуске из производства или ремонта, при ввозе по импорту, при эксплуатации – по мере необходимости маркшейдерам. Автор этой статьи обращается к руководству Союза маркшейдеров России внести логичные дополнения в инструкцию по производству маркшейдерских работ, упрощающую порядок поверок маркшейдерских инструментов. Предлагаю поверки выполнять 1 раз в квартал, результаты поверок записывать в специальный журнал, по мере необходимости при малейшем подозрении неисправности инструмента поверки делать немедленно.

Александр Александрович Пустуев, гл.маркшейдер рудника «Узельгинский», E-mail: uz_pustuev_aa@ugok.ru

От редакции. Приведенное выше обращение автора статьи А.А.Пустуева к руководству Союза маркшейдеров России имеет под собой твердую основу – огромный опыт работы маркшейдером на ведущих предприятиях России. Редакция просит читателей откликнуться на эту немаловажную сторону практической деятельности: организацию юстировки, поверки, обслуживания и ремонта инструментов и приборов.
Публикация Вашего опыта позволит точнее сформулировать необходимые дополнения в инструкции по производству маркшейдерских работ, связанные с порядком поверки маркшейдерских инструментов.

УДК 528.482

Д.М.Васильков

ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В CREDO

Предложено использование нового программного пакета CREDO Расчет Деформаций в комплексной технологии мониторинга деформаций. Рассмотрены его основные особенности и возможности.
КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мониторинг деформаций; программный пакет; CREDO Расчет Деформаций; результаты наблюдений; графическая интерпретация.

При строительстве и эксплуатации промышленных и гражданских объектов (особенно, таких как ГЭС, атомные электростанции, шахты, карьеры и др.) необходим постоянный мониторинг осадочно-деформационных процессов. Это в значительной степени помогает минимизировать риск повреждения и разрушения сооружений, связанных с деформационными изменениями конструкций.

Программа CREDO Расчет Деформаций занимает особое место в комплексной технологии мониторинга деформаций, предоставляя маркшейдеру удобный инструмент для сбора данных геодезических наблюдений и их многоплановой интерпретации.

Наблюдения как основа модели

Технология мониторинга деформаций основана на последовательном накоплении и обработке данных наблюдений – отметок и плановых координат специальных осадочных и осадочно-деформационных марок, закрепляемых на объекте. Данные поступают дискретно через примерно равные интервалы времени, длительность которых зависит от конкретного наблюдаемого объекта. Фрагмент данных, содержащий информацию об объекте на определенный фиксированный момент времени, составляет *цикл наблюдений*.

В CREDO Расчет Деформаций данные циклов приходят из нескольких источников: они могут быть введены вручную, импортированы из текстового файла произвольного формата или загружены в виде проектов приложений CREDO_DAT и CREDO Нивелир. Кроме наблюдений, программа позволяет загружать не привязанные ко времени растровые подложки и векторные примитивы, представленные в различных форматах и описывающие проектное положение объекта или топографический план исследуемой территории.

Для качественной интерпретации данных наблюдений недостаточно выполнить статистический анализ и выпустить необходимые графические и текстовые отчеты. Программа CREDO Расчет Деформаций предоставляет пользователю возможность увидеть деформационный процесс в срезе многих параметров, в динамике и с максимальной наглядностью.

Задача это непростая, особенно для строительных объектов сложной структуры. В программе комплексные объекты декомпозируются на более простые составляющие – *блоки*, для которых пользователь создает нужные системы координат и графические представления, позволяющие работать с частью конструкции как с отдельным объектом. Такой подход позволяет создавать произвольные виды элементов

сооружений в плоскостях, параллельных стенам зданий, рядам колонн и другим вертикальным и наклонным конструкциям, а также производить независимый анализ осадок и деформаций каждого отдельного блока многоблочного сооружения или всех стен и этажей многоэтажного здания.

Оценка надежности наблюдений

Контрольные пункты – это пункты опорной плановой или высотной съемочной сети, с которых выполняются измерения пространственного положения марок, закрепленных на здании или сооружении. Находясь в непосредственной близости от наблюдаемого объекта, сеть контрольных пунктов также может быть подвержена смещениям, что негативно отражается на достоверности деформационной модели.

CREDO Расчет Деформаций позволяет произвести контроль устойчивости плановой и высотной сети контрольных пунктов с помощью нескольких методов. Два из них относятся к плановой сети – метод последовательного анализа и классический метод наименьших квадратов. На серии тестов первый метод показал лучшую стабильность, особенно на малом числе контрольных пунктов. Идея последовательного анализа состоит в поиске наиболее устойчивой опорной стороны, относительно которой затем вычисляются параметры аффинного преобразования, совмещающего пункты в начальном и текущем циклах с минимальным суммарным отклонением. После применения этого преобразования простой статистический анализ позволяет определить отклонения контрольных пунктов, превышающие установленный допуск.

Похожий принцип лежит в основе анализа устойчивости высотной сети, где методом простого перебора программа находит пункт с наиболее устойчивой отметкой и сравнивает превышения относительно этого пункта в начальном и конечном циклах.

Модель деформационного процесса

В основе решения задачи интерпретации данных наблюдений лежит качественная модель деформационной поверхности, описывающей отклонение точек объекта в текущем цикле относительно начального цикла. Исходными данными для ее построения являются плановые положения марок и их текущие отклонения.

Хорошо известно, что кусочно-линейная триангуляционная поверхность с вершинами в заданных точках является приемлемой моделью для решения многих инженерных задач, включая моделирование рельефа местности. Однако такой подход совершенно не годится для моделирования деформаций: закрепляя марки на поверхности объекта, инженер не знает заранее положения структурных линий и экстремальных точек («пиков» и «впадин»), определяющих топологические особенности будущей деформационной поверхности. Хуже того, повторяя контуры объекта, марки могут быть распределены крайне неравномерно, например, в форме «креста» или вдоль одной линии, что значительно ухудшает интерполяционные свойства кусочно-линейной модели.

В CREDO Расчет Деформаций применен подход, основанный на методе конечных элементов и успешно применяемый в САПР для моделирования форм упругих поверхностей. Поверхность строится за несколько шагов. Сначала создается сеть сгущения, затем для вычисления отметок сгенерированных вершин решается задача наименьших квадратов с минимизацией интегральной кривизны результирующей поверхности. На последнем шаге для каждого треугольного участка вычисляются коэффициенты функции сшивки, обеспечивающие гладкость поверхности на границах треугольников.

Важно отметить, что данная модель тем более адекватно описывает деформационный процесс, чем в большей степени исследуемая поверхность удовлетворяет условию упругости. Для неупругих поверхностей может быть применен классический алгоритм, основанный на кусочно-линейной интерполяции (рис.1).

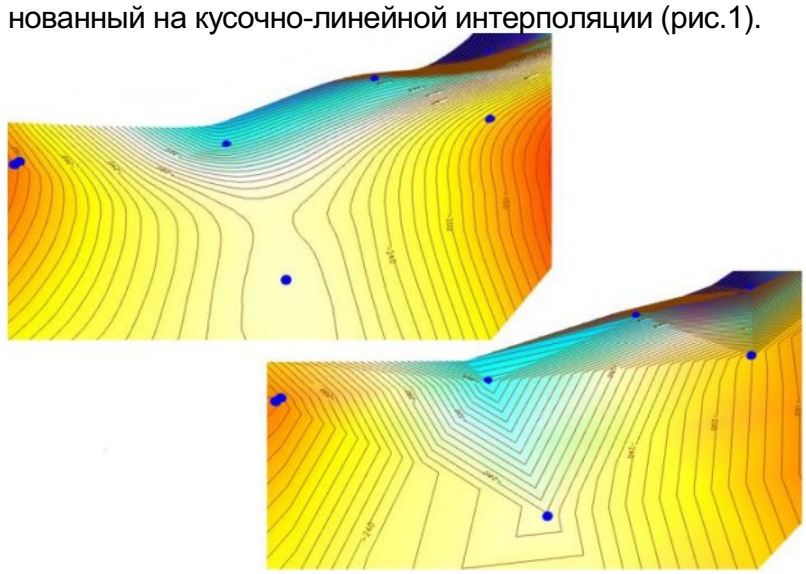


Рис. 1. Кусочно-гладкая и кусочно-линейная поверхности осадки за период

Условию упругости удовлетворяют все железобетонные и металлические конструкции, включая монолитные сооружения, плотины и пролеты мостов. Степень упругости грунта определяется его геологическим строением. К условно неупругим поверхностям можно отнести стенки карьеров, оползнеопасные участки земли и т.д. Пользователь самостоятельно выбирает в программе нужный тип модели, соответствующий конкретному наблюдаемому объекту.

CREDO Расчет Деформаций позволяет построить деформационную поверхность по другим параметрам:

- мгновенная скорость вертикального смещения;
- кривизна поверхности смещения;
- относительное изменение локальной площади (дилатация);
- локальное растяжение и локальное сжатие.

Как видно из рисунков, для отображения деформационной поверхности в программе используется 3D-вид с множеством режимов, настройкой которых управляет пользователь. Существуют также традиционные двумерные представления – градиентная заливка и карта изолиний. Программа позволяет также наблюдать динамику деформационного процесса в режиме анимации.

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

Для графической интерпретации плановых наблюдений используются масштабируемые траектории движения марок между выбранными циклами. Для отдельной марки может быть создан радиальный график развития деформаций во времени (рис.2).

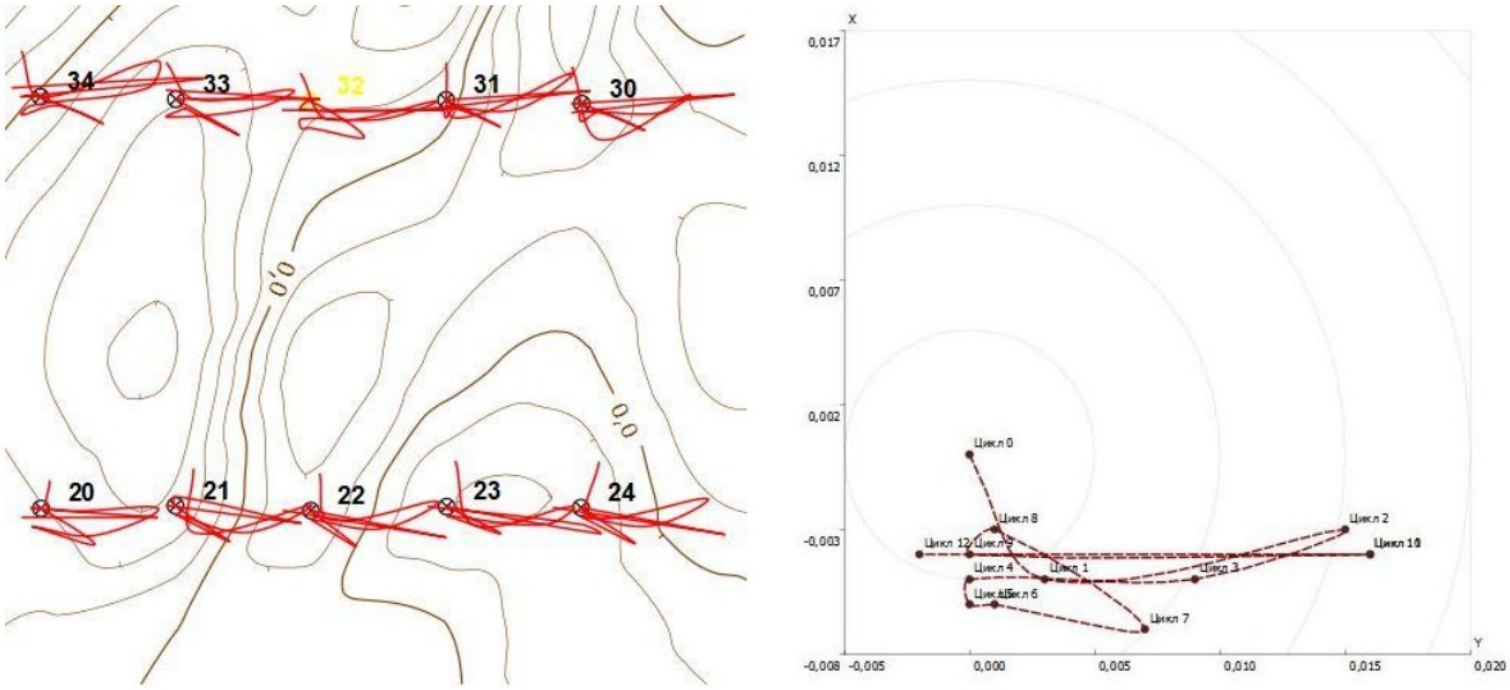


Рис. 2. Траектории плановых смещений марок и радиальный график смещения одной марки

Расчет и представление дилатаций

В процессе деформаций земной поверхности установленные на ней марки смещаются друг относительно друга, что сигнализирует об уплотнении или разуплотнении отдельных участков. Обычно подобные явления сопровождают разного рода тектонические процессы или, чаще всего, являются результатом техногенной активности промышленных и горнодобывающих предприятий.

В геологии локальное изменение площади поверхности называется *дилатацией*. Поскольку дилатационные процессы непосредственно предшествуют осадкам или вспучиваниям почвы, они являются объектом постоянного мониторинга служб, отвечающих за экологическую безопасность.

В CREDO Расчет Деформаций абсолютные значения дилатации, сжатия и растяжения представлены в виде деформационной поверхности. Относительное вращение в заданной точке можно отобразить в виде подписи. Кроме того, независимо от карты изолиний и градиентной заливки, в окне плана может быть отображена регулярная сетка векторов сжатия и растяжения (рис.3).

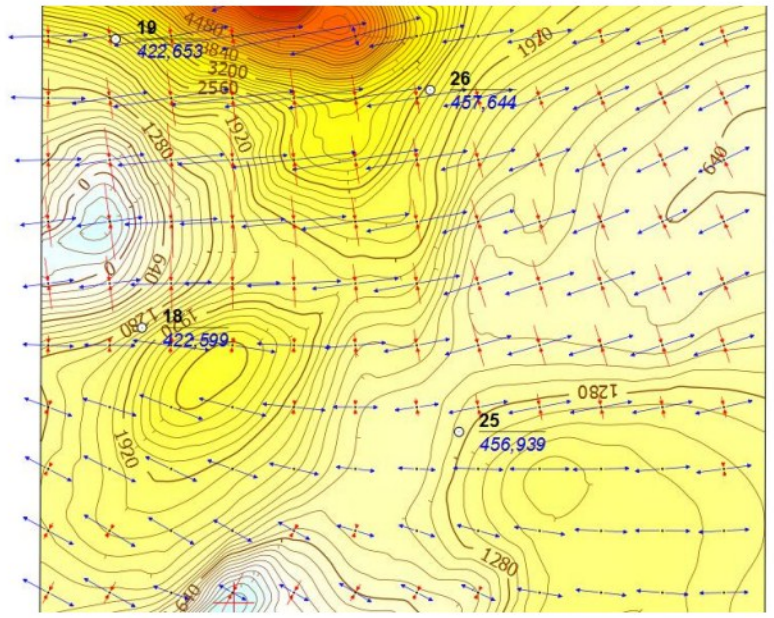


Рис.3. Поверхность дилатации и сетка векторов сжатия-растяжения

Поиск закономерностей и прогнозирование

Анализ развития деформационно-осадочного процесса является одной из важнейших задач мониторинга. С помощью аппроксимации данных наблюдений по методу наименьших квадратов программа позволяет установить закономерность изменения отметки одной выбранной марки или контрольного пункта. Результат выводится в виде линии тренда на графике развития осадок во времени. Пользователь имеет возможность задать вид аппроксимирующей функции, выбрав тип линии тренда – линейный, квадратичный либо периодический. Программа предлагает также автоматически рассчитать и построить график наиболее достоверной аппроксимирующей функции.

Для построенной линии тренда под графиком развития осадок отображается таблица статистической оценки надёжности тренда, которая вычисляется с помощью критерия Фишера. Сравнение расчетного и теоретического значений критерия Фишера позволяет с некоторой вероятностью (по умолчанию 95%) подтвердить либо опровергнуть гипотезу о достоверности выявленного тренда.

Также пользователь имеет возможность оценить, насколько точно данный тренд аппроксимирует ряд наблюдений, проанализировав значение коэффициента *достоверности аппроксимации* R^2, отражающего степень соответствия ожидаемых для линии тренда значений фактическим данным.

На графике отмечаются циклы, значения отме-

ток в которых отличаются от аппроксимированных более чем на 3σ (рис.4).

Программа позволяет выполнить прогноз развития осадок на заданную дату с оценкой точности, если в свойствах графика указана дата за пределами выполненных наблюдений. Наиболее вероятная область нахождения пункта отображается на графике штриховой линией. Отмечается также прогнозное максимальное и минимальное значение. Ширина прогнозного диапазона прямо пропорциональна времени с момента последнего цикла и величине достоверности аппроксимации.

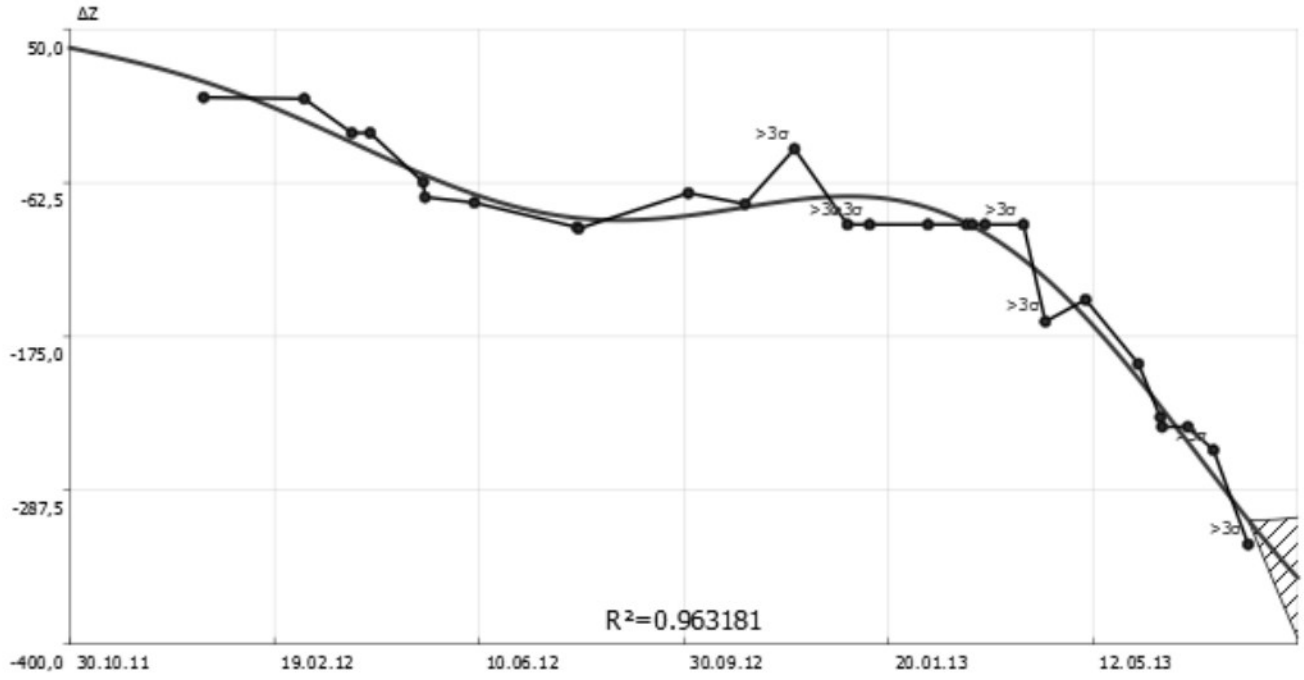


Рис. 4. Периодическая аппроксимация ряда наблюдений для одной марки

Инженерные расчеты, отчетность и экспорт

Программа решает ряд вспомогательных задач, относящихся непосредственно к расчету деформаций и осадок, а также выполняет некоторые инженерные расчеты общего назначения:

- расчет деформаций башенных сооружений;
- расчет взаимного положения пар пунктов;
- расчет осадки вдоль линии профиля;
- расчет деформаций подкрановых путей;
- вспомогательные инженерные расчеты (обмеры, засечки, пересечения и т.д.).

Для оформления проектной отчетности программа позволяет выполнять в окне плана различные графические построения, создавать элементы строительных чертежей (например, координационные оси), топографические объекты с применением классификатора CREDO_DAT и другие элементы. На основе подготовленной графической модели создается так называемая *чертежная модель* – отдельный документ программы, позволяющий работать с объектом как с чертежом: создавать рамку и зарамочное оформление, компоновать чертеж из нескольких фрагментов основной модели, добавлять необходимые графические элементы, выводить чертеж на печать и экспортировать его во внешние форматы (DFX, PDF, PS, SVG).

Кроме чертежей и графиков, по результатам обработки данных создаются ведомости в формате RTF и сводные таблицы данных по циклам, которые могут быть экспортированы в файлы формата HTML для дальнейшей обработки в других программных продуктах, например, в приложениях Microsoft Office.

Программа CREDO Расчет Деформаций создана на платформе популярного в геодезической среде приложения CREDO_DAT, унаследовав от него ряд архитектурных, графических и интерфейсных решений. В соответствии с планами компании «Кредо-Диалог», дальнейшее развитие продукта будет направлено на наращивание вычислительного функционала для решения прикладных задач мониторинга, а также на автоматизацию процесса сбора данных наблюдений, включая использование роботизированных систем.

При разработке продуктов геодезического обеспечения строительства мы опираемся на сотрудничество с нашими пользователями и надеемся продолжить создание с их помощью высококлассных программных продуктов, облегчающих решение непростых повседневных задач инженерной геодезии.

Дмитрий Михайлович Васильков, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры дискретной математики и алгоритмики, Белорусский государственный университет, г.Минск, руководитель проектов разработки продуктов геодезического направления компании «Кредо-Диалог», тел.: +(375-17) 281-68-01,
E-mail: Vasilkov_D@mail.ru, public@credo-dialogue.com

ГЕОДЕЗИЯ, МАРКШЕЙДЕРИЯ, ГИС

УДК 622.1:528

М.Б.Нурпеисова, Д.М.Киргизбаева

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Рассмотрено широкое использование современных приборов для повышения точности геодезических измерений при оценке технического состояния капитальных инженерных сооружений.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геодезические измерения; деформации; GPS – технология; электронные тахеометры; осадки сооружений.

Нурпеисова М.Б.

Киргизбаева Д.М.

Современную геодезическую науку и производство невозможно представить без электронных и автоматизированных геодезических приборов, которые широко используются при различных геодезических измерениях, решении широкого пектра научных проблем в народном хозяйстве. Применение современных геодезических приборов и методов при выполнении обмерных работ приводит к повышению точности геодезических измерений и минимальным затратам времени.

В настоящее время за рубежом и у нас в Республике Казахстан имеются некоторые методические разработки по наблюдению за состоянием инженерных сооружений и уникальных архитектурных памятников.

Надежную информацию о деформации, кренах и смещениях инженерных сооружений можно получить прямыми геодезическими мониторинговыми наблюдениями на местах. По мере возрастания точности и оперативности геодезических измерений расширяется круг проблем, в решение которых существенный вклад может внести современная геодезия. Одной из таких проблем является мониторинг сооружений с использованием приборов нового поколения. Технология мониторинга предусматривает:

- создание необходимой и оптимальной опорной планово-высотной геодезической сети;
- разбивку и методов закрепления на сооружениях нулевой линии;
- определение размеров вертикальных и наклонных элементов архитектурных сооружений;
- определение недоступных расстояний между архитектурными сооружениями и их элементами, а также высоты сооружений для составления проектов реставрации;
- проведение регулярных наблюдений за деформациями сооружений с использованием приборов нового поколения.

В настоящее время, в связи с созданием и внедрением в производство геодезических приборов нового поколения широкое распространение находят автоматизированные информационные системы геодезического обеспечения уникальных инженерных комплексов.

Среди современных методов и средств исследования смещений и деформаций земной поверхности весьма эффективными оказались технология спутниковой системы (GPS – технология). Спутниковые системы GPS (глобального позиционирования) необходимы для создания основы расчёта деформации и геоинформационных систем, позволяющих прогнозировать параметры деформационных процессов. Наряду с GPS-технологиями, ведутся систематические наблюдения за инженерными сооружениями с помощью электронных тахеометров и нивелиров [1].

Появление электронных геодезических приборов, а также развитее вычислительной техники и программного обеспечения позволили коренным образом изменить традиционные технологии проведения геодезических работ. Современные средства выполнения полевых съемочных работ, в том числе электронные тахеометры, максимально упрощают координатную привязку объектов, позволяя геодезисту сосредоточиться на сборе дополнительной информации и ее представлении в форме, готовой для ввода в информационную систему.

При съемке объекта электронный тахеометр измеряет вертикальный и горизонтальный углы, расстояние до него, вычисляет по этим данным координаты точек и записывает их во встроенный накопитель или на PCMCI-карту данных. Тахеометр, как и контроллер, имеет встроенные функции вычисления координат недоступных точек; вычисления недоступных расстояний; решения различных геодезических задач непосредственно на месте. Эта технология полностью исключает ручную регистрацию данных. Камеральная обработка данных производятся с использованием специализированного программного обеспечения.

Нами проведены наблюдения за состоянием ряда уникальных сооружений в г.Алматы. Гедезические наблюдения проводились электронными тахеометрами фирмы Leica TS110, TS120. Обработка спутниковых наблюдений в г.Алматы выполнялась по стандартной программе SKI (фирмы «Leica» Швейцария), входящей в комплект GPS-приемников, в результате которой получены плановые координаты всех пунктов сети в заданной локальной системе координат и высотные отметки реперов.

Исследования деформаций поверхностей стен производятся установлением на этих поверхностях марок и определением их пространственных координат. Если применить комплект приборов фирмы Leica, то отпадает необходимость установления на стенах памятников марок и отражателей. Лазерный луч наводят по

произвольным точкам и нажатием клавиши ALL, в течение короткого времени, кроме определения пространственных координат X_i, Y_i и Z_i, появляется возможность автоматически составлять на компьютере любые планы, разрезы и пространственные изображения элементов памятников архитектуры.

Результаты наблюдений за деформациями сооружений геодезическими методами должны удовлетворять предъявляемым к ним требованиям в отношении их полноты, своевременности и точности.

Основная цель прогноза деформаций – оценка перспективы состояния сооружения с точки зрения надежности, долговечности и безопасности его эксплуатации. Кроме того, прогноз позволяет обеспечить рациональное планирование различных ремонтных и реставрационных работ. С точки зрения геодезических задач, прогноз позволяет рассчитывать точность и периодичность наблюдений за деформациями.

Прогноз осадки на стадии проектирования осуществляется методами строительной механики и механики грунтов, которые из-за трудности получения расчетных характеристик, разнообразных свойств грунтов и целой гаммы внешних факторов, приводят к значительным расхождениям с практическими данными. Только с помощью непосредственных геодезических наблюдений можно успешно решить задачу прогноза, поскольку геодезический метод позволяет вести натурное наблюдение за осадками сооружения.

Сущность прогноза состоит в определении математической модели, наилучшим образом отражающей процесс осадки данного сооружения. Эта задача весьма сложна, поскольку осадки сооружений – это результат многочисленных воздействий, явление многофакторное и относящееся к динамическим процессам, изменяющимся как во времени, так и в выбранной системе координат. В общем виде модель осадки может быть представлена следующим функционалом:

$$\Phi = \Phi[x(t)] + F_1(z) + F_2(\omega) + e,$$

где *x (t)* - влияние основных факторов на процесс осадки; $F_1(z)$ - влияние контролируемых параметров, которые можно измерить, но не изменить; $F_2(\omega)$ - влияние неконтролируемых параметров, возмущающее действие которых имеет временный характер и не известна их интенсивность; *e* - влияние ошибок измерений осадок.

Для построения модели, в большинстве случаев, с достаточной степенью точности, ограничиваются оценкой влияния основных факторов, таких как масса сооружения и интервал времени. В этом случае с учетом цели прогноза (назначение и корректировка точности и периодичности наблюдений), необходимо найти математическое выражение для модели

$$\Phi = \Phi [x (t)],$$

где *t* - интервал времени.

Выбор вида модели зависит от имеющихся сведений о процессе осадки. Если вид функции известен, то задача сводится к расчету входящих в нее параметров. Если вид функции не известен, то задача решается методом последовательного подбора ее наиболее оптимального вида по результатам выполненных наблюдений и последующего определения ее параметров. Далее, с помощью экстраполяции, находится величина осадки на прогнозируемый период времени. При этом используемая для построения модели информация должна быть изучена по результатам достаточного числа циклов наблюдений (не менее трех).

Для анализа точности измерений, выполненных спутниковыми приемниками GPS, были проведены измерения электронным тахеометром TS 1200. Сравнительный анализ выполненных измерений (таблица) показал, что точность спутниковых измерений практический совпадает с точностью измерений электронным тахеометром.

Таблица

Сравнительный анализ спутниковых и линейных измерений

От пункта	До пункта	S-GPS (сетевая схема)	TS 1200	dS, м	Относительная погрешность
1	2	2359,266	2359,265	0,001	1/1947000
2	4	2606,720	2606,714	0,006	1/429000
2	3	1220,430	1220,428	0,002	1/663000
1	4	2276,461	2276,465	-0,004	1/625000
1	3	2840,789	2840,796	-0,007	1/386000
4	3	1962,898	1962,896	0,002	1/1002000
Примечание – среднеквадратическая погрешность				0,005	

Таким образом, создание мониторинговой сети для высокоточных наблюдений за состоянием инженерных сооружений с использованием электронных и спутниковых приемников GPS позволило сократить затраты времени на определение координат в перерасчете на одну снимаемую точку в 10-15 раз и повысить точность определения координат не менее, чем в 2 раз.

Литература

1. Нурпеисова М.Б., Менаяков К.Т. Использование спутниковых систем при маркшейдерских наблюдениях //Материалы второй международной научной конф. молодых ученых «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых».- Москва: ИПКОН РАН, 2005.-С.42-44.

2. Нурпеисова М.Б., Менаяков К.Т. Методика применения приборов нового поколения при маркшейдерских работах //Материалы XVII междун. научной конф. «Деформирование и разрушение горных пород и выработок». – Крым, Алушта: Таврический национальный университет, 2006.- С.196-199.

3. Нурпеисова М.Б., Касымканова Х.М., Кыргизбаева Г.М. Совершенствование способов инструментальных наблюдений на рудниках //Материалы XVII межд.научн.конф. «Деформирование и разрушение горных пород и выработок».-Крым,Алушта, Таврический национальный университет, 2007.-С.235-238.

Маржан Байсановна Нурпеисова, д.т.н., проф., кафедра МДиГ;
Динара Мейрамбековна Киргизбаева, ст.преподаватель (КазНТУ им.К.И. Сатпаева)

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

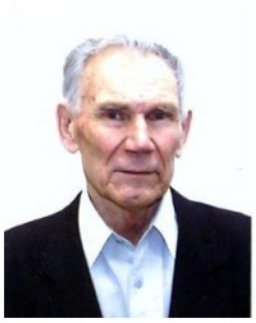
УДК 622.834

А.Г.Шадрин, М.А.Шадрин

МЕХАНИЗМ СДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД И СТАБИЛИЗАЦИЯ ЗОНЫ ОПАСНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ГЛУБОКИХ ГОРИЗОНТАХ СИСТЕМАМИ С ОБРУШЕНИЕМ

Подробно исследован механизм сдвижения горных пород и процесс стабилизации зоны опасных деформаций при разработке рудных месторождений на глубоких горизонтах системами с обрушением. Разработанные типовые схемы сдвижения для различных горногеологических условий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: разработка рудных месторождений; глубокие горизонты; система с обрушением; сдвижение горных пород; зона опасных деформаций; типовая схема.



А.Г.Шадрин

М.А.Шадрин

Сдвижение горных пород при разработке месторождений проявляется в форме обрушений, трещин и оседаний земной поверхности; приводит к разрушительным деформациям горных выработок, прорывам воды и затоплению шахт. Охрана объектов в массиве и на поверхности обеспечивается углами сдвижения, которые ограничивают зону опасных деформаций по критерию горизонтальной деформации относительного растяжения ε_p=2×10^{-3}(2 мм/м) [1, 2].

Подземные горные работы на основных рудниках России уже перешагнули тысячеметровую отметку, а проектирование выполняется для глубин 1500 м. Ширина зоны опасных деформаций для этих условий составляет на поверхности 1000 м и более. Согласно действующих Правил вся эта зона изымается из обращения [3,4].

Инструментальными наблюдениями установлено, что в условиях закрытой схемы сдвижения, глубина горных работ *H* многократно превышает пролет выработанного пространства *L* в пределах этажа, процесс сдвижения на поверхности стабилизируется и не получает развития при дальнейшем увеличении глубины горных работ. Исследованиями последних лет установлены закономерности преобразования углов сдвижения с глубиной и формирование естественных сводообразований в подработанном массиве. Разработана методика расчетного построения устойчивых сводообразований с учетом основных горногеологических условий залегания и разработки рудных тел. Установлен механизм сдвижения в переходной зоне и условия формирования водопроводящих трещин [5,6].

Естественное устойчивое сводообразование обеспечивает локализацию опасных деформаций и сдвижений горных пород в подработанном массиве, что решает проблему безопасной подработки объектов на поверхности и определяет перспективу развития горных работ на глубоких горизонтах системами с обрушением вмещающих пород.

Каждое месторождение характерно своими горногеологическими условиями залегания и разработки запасов, поэтому и углы сдвижения являются сугубо индивидуальными, которые определяются путем длительных и трудоемких инструментальных наблюдений согласно Инструкции [1]. Эти угловые параметры устанавливаются при отработке верхних 2–3-х горизонтов и утверждаются в качестве нормативных в виде Правил и Указаний на весь срок эксплуатации данного месторождения. При освоении более глубоких горизонтов расчетные зоны опасных деформаций на поверхности неоправданно растут, согласно этим углам сдвижения, пропорционально глубине горных работ. Однако, контрольными наблюдениями установлено, углы сдвижения не остаются постоянными, а планомерно увеличиваются до 90–95º и закрываются на свод [3,5].

Образование сводов естественного равновесия установлено как на угольных, так и на рудных месторождениях. С глубиной горных работ меняется схема сдвижения горных пород от открытой с выходом провалов на поверхность на закрытую, когда зона опасных сдвижений и деформаций не выходит на поверхность, а полностью локализуется в подработанном массиве.

В условиях СУБРа, где горные работы ведутся на глубине 1000 м, сдвижения и опасные деформации не проявляются на поверхности. Специальным заключением здесь прекращены контрольные инструментальные наблюдения за деформацией поверхности в связи с отсутствием таковых. При отработке слепой залежи в крепких породах (f_{cp}>8) при достаточной её заглубленности (H/L>3) имеет место устойчивое сводообразное обнажение. В ряде случаев такая пустота не поддается погашению и сохраняет свою форму неограниченное время (рис.1).

В слоистом подрабатываемом массиве процесс обрушения развивается от слоя к слою с последовательным увеличением консольно-зависающей части слоев до встречного их смыкания в замке сводообразования. Свод естественного равновесия в подработанном массиве определяется ещё и как свод разгрузки. Поверхность свода разгрузки является границей, разделяющей область упругих деформаций от неупругих. В пределах области неупругих деформаций, внутри свода размещаются зоны обрушения, сдвижения и крупных трещин. В зависимости от структуры и крепости пород, сводообразование при-

нимает форму, близкую к полуокружности или полуэллипсу. Основным параметром свода является его высота *h*, которая определяется пролетом выработки *L* и крепостью пород $f_{ср}$.

Свод обрушения в начальной стадии образования принимает форму трапеции или полукруга, со временем под влиянием опорного давления свод принимает более устойчивую шатровую форму, которая аппроксимируется полуэллипсом. В весьма крепких породах ($f_{ср}$>10) этот процесс развивается годами. На шахте им. Губкина высота свода разгрузки за 25 лет увеличилась на 9 м [7]. Замок и опоры свода под влиянием опорного давления находятся в зажатом состоянии и блокируют развитие крупных трещин на уровне опорной «рубашки» свода. На рис.1, 2 представлены схемы формирования и построения сводообразований на разрезах вкрест простирания отработанных участков залежей. На рис.1 – распределение опасных сдвижений и деформаций в зоне влияния ограниченного объема выработки в пределах этажа.

Зона опасных деформаций определяется углами сдвижения β и β_1. Точками А и В на уровне верхнего горизонта фиксируется пролет опасных деформаций $l_{A\text{-}B}$. На этой основе строится зона опасных деформаций в подработанном массиве в форме полуэллипса высотой $h= l_{A\text{-}B}$ с деформацией полуосей *d=0,5*. Зона трещин в пределах этажа определяется углами разрыва β'' и β_1'', которые на 5-10º превышают углы сдвижения [3, табл.1]. В подработанном массиве зона трещин ограничивается полуэллипсом высотой $h=l_{c\text{-}d}$ с деформацией *d=0,5*. Пролет обрушения L определяется проецированием контура залежи на уровень верхнего горизонта – точка *a* и *b*.

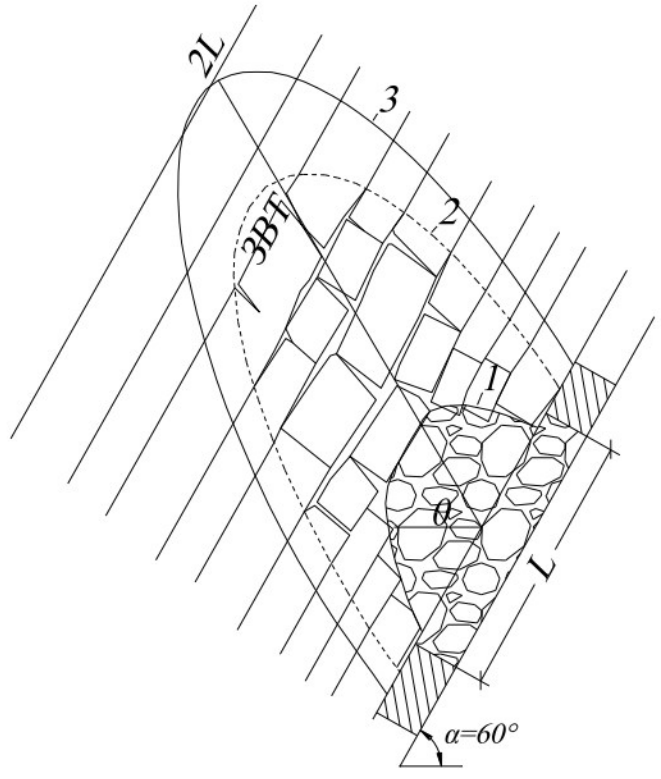


Рис.1. Формирование сводообразований. Сдвижения и деформации горных пород при отработке участка крутопадающей залежи в пределах этажа: θ - угол максимального сдвижения; L - пролет выработки; 3ВТ - граница зоны водопроводящих трещин; 2L - граница зоны опасных деформаций

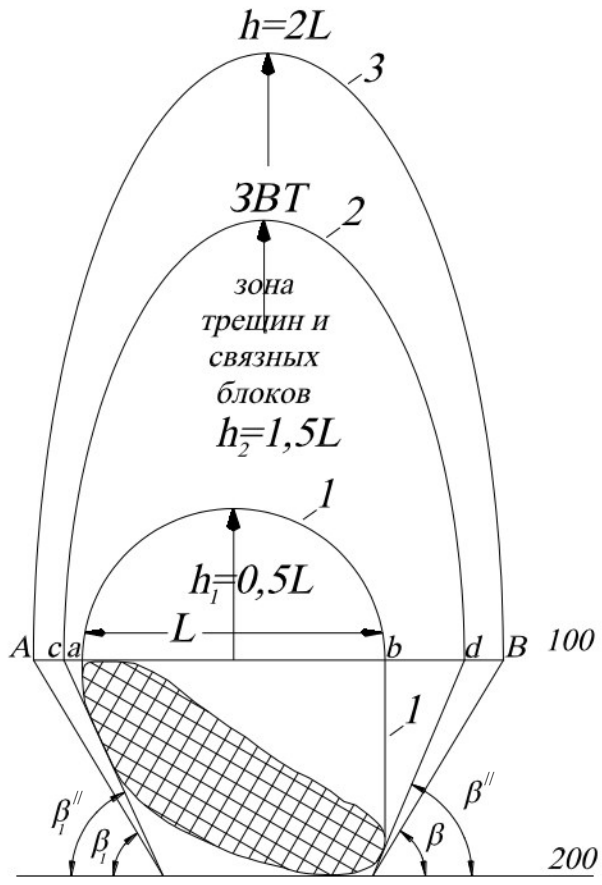


Рис. 2. Зоны влияния при отработке залежи в пределах этажа. Расчетная схема.

1. Зона беспорядочного обрушения; 2. Граница водопроводящих трещин – ε_D=(6-8)×10^{-3}; 3. Граница опасных деформаций – ε_D=2×10^{-3}; β и β1 – углы сдвижения; β" и β1" – углы разрыва

Зона обрушения ограничивается полукругом радиуса *R=0,5L* на диаметре *L*. Границей водопроводящих трещин является контур зоны крупных трещин и связных блоков с деформацией ε_D=(6-8)×10^{-3}. «Рубашка» свода ограничивается деформацией ε_D=2×10^{-3}, которая и определяет зону опасных деформаций в подрабатываемом массиве.

Трещиноватость и водопроницаемость массива имеют решающее значение при подработке водных объектов. Массив горных пород изначально имеет блочную структуру, т.е. разбит трещинами, которые, пересекаясь, образуют сеть трещин разного калибра и коэффициента фильтрации. Видимая сеть трещин представлена макротрещинами с раскрытием 1-10 мм и мегатрещинами (1-10 см). Макротрещины не имеют связи между собой и не являются водопроводящими.

В процессе подработки и разгрузки массива из группы макротрещин образуется мегатрещина с коэффициентом фильтрации от 10 до 100. Концентрация мегатрещин формирует магистральную трещину, которая преобразуется в прямоточный водоток. Время формирования магистральных трещин зависит от структуры и состава пород подрабатываемого массива. Наличие известняков и песчаников сопровождается повышенной водопроницаемостью массива. Расслоение толщи по контакту разнородных пород способствует образованию погоризонтного водотока. При

разработке пластообразных залежей пологого и наклонного залегания на основании инструментальных наблюдений за сдвижением горных пород [2] построена типовая схема развития сдвижений и деформаций подработанного массива (рис.3). Отработка верхних 2–3-х горизонтов сопровождается консольной формой сдвижения горных пород и регулярным выходом провалов на поверхность. Сквозное обрушение пород определяется глубиной горных работ H и межэтажным пролетом выработки L. При средней крепости пород подрабатываемого массива ($f_{ср}$=6-8) провалы на поверхность не выходят при условии H/L<3, в крепких породах ($f_{ср}$>8) при условии H/L<2. На уровне H/L=2-3 меняется схема сдвижения на закрытую. Переходная зона проявляется выходом трещин на поверхность. При глубине горных работ H/L>3 трещины и опасные деформации не выходят на поверхность, т.е. полностью локализуются в подработанном массиве.

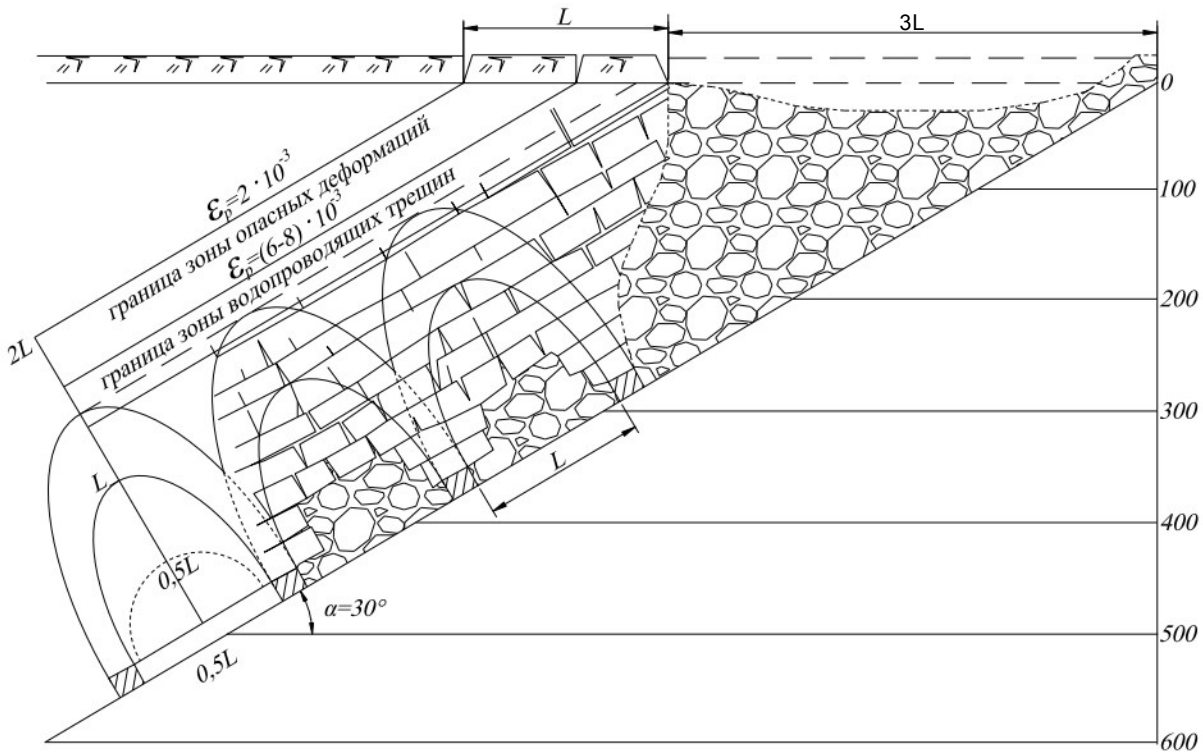


Рис.3. Типовая схема распределения сдвижений и деформаций при отработке пластообразных залежей наклонного залегания

Закрытая форма сдвижения горных пород происходит по схеме прогиба балки на двух опорах с образованием устойчивых сводов. Зона беспорядочного обрушения развивается на высоту h=2m и ограничивается круговой кривой с радиусом R=0,5L. Зона крупных трещин расслоения и разломов пород на связные блоки развивается на высоту h=L в пределах полуэллипса с деформацией d=0,5. Под влиянием давления вышележащих пород на замок и опоры свода формируется опорная «рубашка» свода, которая и обеспечивает его устойчивость при возможной выемке межэтажного целика.

Опорная «рубашка» закрывает зону крупных трещин и определяет границу зоны водопроводящих трещин на высоте h=1,5L, с деформацией растяжения на этом участке $\varepsilon_D=(6\text{-}8)\times10^{-3}$. Граница зоны опасных деформаций по критерию $\varepsilon_D=2\times10^{-3}$ на земной поверхности фиксируется крайней видимой глазу трещиной с раскрытием Δ=1-2 мм. В подработанном массиве эта граница проходит на высоте h=2L (рис.3).

Основные запасы богатых руд приурочены к пластообразным залежам большой мощности и крутого падения (α=60–75º). Как правило, они сопровождаются крепкими боковыми породами ($f_{ср}$=10-16) с выходом на поверхность. По характеру и величине сдвижения пород крутопадающие залежи принято разделять на столбообразные и пластообразные. Разработка залежей ограниченного простирания ($l\leq$250 м) сопровождается активным перепуском обрушенных пород с выходом на поверхность. Зона опасных сдвижений и деформаций в подработанном массиве ограничивается трубообразной зоной обрушения. В поперечном сечении образуется устойчивое сводообразное обнажение высотой h=0,3-0,4l. при выдержанных параметрах залегания столбообразной залежи эта схема сдвижения не меняется с глубиной горных работ.

Сплошная разработка мощных крутопадающих залежей большого простирания ведется как сверху вниз, так и снизу вверх системами с обрушением и с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями. Наиболее эффективной и часто применяемой является система разработки сверху вниз с обрушением вмещающих пород. Отработка запасов на верхних 2-3-х горизонтах в этом случае сопровождается активным перепуском обрушенных пород с выходом провала на поверхность (рис.4). Протяженность зоны обрушения, в зависимости от крепости пород и угла залегания, на разрезе вкрест простирания находится в пределах (2–3)L, где L - пролет вы-

работки в пределах этажа с учетом выемки межэтажного целика. Отработка последующего горизонта переходной зоны проявляется на поверхности в форме трещин. Сдвижение пород висячего бока происходит по консольной схеме, т.е. максимальные сдвижения получают торцевые участки слоев у поверхности с раскрытием клиновидных трещин по контактам наслоения пород. С удалением от провала величина раскрытия трещин уменьшается и, затухая, переходит в зону плавных оседаний (рис.4).

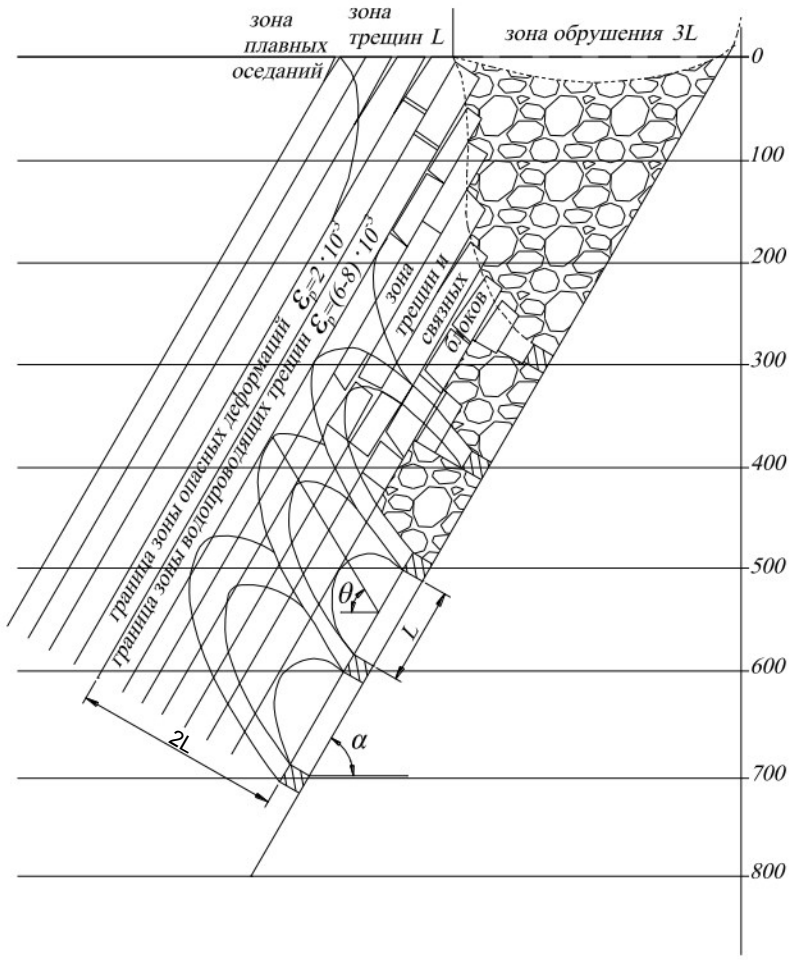


Рис.4. Типовая схема распределения сдвижений и деформаций при отработке крутопадающих залежей

Освоение более глубоких горизонтов происходит в условиях закрытой схемы сдвижения горных пород и сопровождается сводообразованием под углом максимального сдвижения $\theta=90^\circ-\alpha\times\cos\alpha$ с высотой свода h=L. Устойчивость сводов обеспечивается опорной рубашкой с мощностью равной ширине межэтажного целика. Зона обрушения и крупных трещин в подрабатываемом массиве ограничивается внутренним контуром свода и перекрывается опорной рубашкой, выше которой проявляются только водопроводящие трещины с раскрытием 4-5 мм. Деформация растяжения $\varepsilon_D=(6\text{-}8)\times10^{-3}$ определяет границу зоны водопроводящих трещин на высоте *h*=1,5L. Граница зоны опасных деформаций по критерию $\varepsilon_D=2\times10^{-3}$ стабилизируется на уровне *h*=2L. На поверхности эта граница фиксируется крайней минимальной трещиной, различимой невооруженным глазом, с раскрытием Δ=1-2 мм.

Протяженность зоны трещин не выходит за пределы 1,5L. В итоге высота зоны опасных деформаций в подработанном массиве по нормали к пласту в два раза меньше этой зоны на поверхности.

Для оперативного использования разработанных типовых схем в конкретных горногеологических условиях основные параметры зон сдвижения и опасных деформаций в массиве и на поверхности представлены в относительных единицах, т.е. относительно пролета выработанного пространства в пределах этажа, что позволяет скорректировать их применение для местных условий. Погрешность определения опасных зон на основе типовой кривой находится в пределах 20%.

Литература

1. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений. М. Недра, 1988.

2. Шадрин А.Г. Теория и расчет сдвижений горных пород и земной поверхности. Красноярск: Изд-во Красноярск. у-та. 1990. 200с.

3. Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ при разработке меднорудных месторождений Урала. МЦМ СССР, Унипромедь. М., 1978.

4. Указания по охране сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных работ на железорудных месторождениях ОАО «Евразруда». Вост НИГРИ, Новокузнецк, 2006.

5. Шадрин А.Г., Шадрин Д.М. Особенности сдвижения горных пород и угловые параметры на рудных месторождениях. «Маркшейдерский вестник» №1-2010.

6. Шадрин А.Г., Шадрин М.А. Условия безопасной подработки водных объектов на рудных месторождениях системами с обрушением кровли. «Рудник будущего», выпуск №2-2010.

7. Кулик Г.М. Выпуск руды. М., Недра, 1980.

Анатолий Григорьевич Шадрин, горный инженер-маркшейдер, д.т.н., профессор кафедры маркшейдерского дела, геодезии и геоинформационных систем Пермского ГТУ, тел.(342)2-198-424;
Михаил Анатольевич Шадрин, к.т.н., главный инженер ОАО «Гипроцветмет», тел. (495)660-32-00,
E-mail: office@giprocm.ru, metago@mail.ru

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

УДК 551.2; 539.3; 622.1

Ю.В.Васильев, М.Л.Юрьев, Е.К.Сагимбаев

СОЗДАНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА НА ЗАПАДНО-МЕССОЯХСКОМ И ВОСТОЧНО-МЕССОЯХСКОМ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Осуществлен комплекс работ по горно-геологическому обоснованию и проектированию геодинамического полигона, расположенного в зоне арктической тундры, в районе со сложными геолого-тектоническими и геокриологическими условиями. Выполнены прогнозные оценки оседания земной поверхности и геодинамическое районирование территории месторождений для создания разноранговых линеаментно-блоковых моделей. Для создания оптимальной планово-высотной основы сети наблюдательных станций на геодинамическом полигоне выполнены работы по построению карты современной геодинамической обстановки с выделением предварительных зон по геокриологическим, геомеханическим и геодинамическим процессам.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: опасные геологические процессы; разработка месторождения; геодинамическое районирование; линеаменты; динамически напряженные зоны; мульда оседания земной поверхности; эколого-промышленная безопасность; геотехнический мониторинг.

Западно-Мессояхское и Восточно-Мессояхское нефтяные месторождения расположены в Тазовском районе Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской области. Они непосредственно примыкают друг к другу и находятся в северной части Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции на юго-западе Гыданского полуострова. Мессояхские месторождения являются одними из крупнейших месторождений по запасам нефти в России. Данные месторождения являются самыми северными из разрабатываемых нефтяных месторождений России, находящихся на суше в арктической климатической зоне.

Согласно схеме геокриологического районирования рассматриваемые месторождения находятся в зоне распространения ММП мощностью до 420 м и температурой – 50°С. Широкое развитие геокриологических процессов, засоленных и сильно-льдистых грунтов, создают условия для формирования неустойчивых ландшафтов при промерзании и протаивании (рис.1).

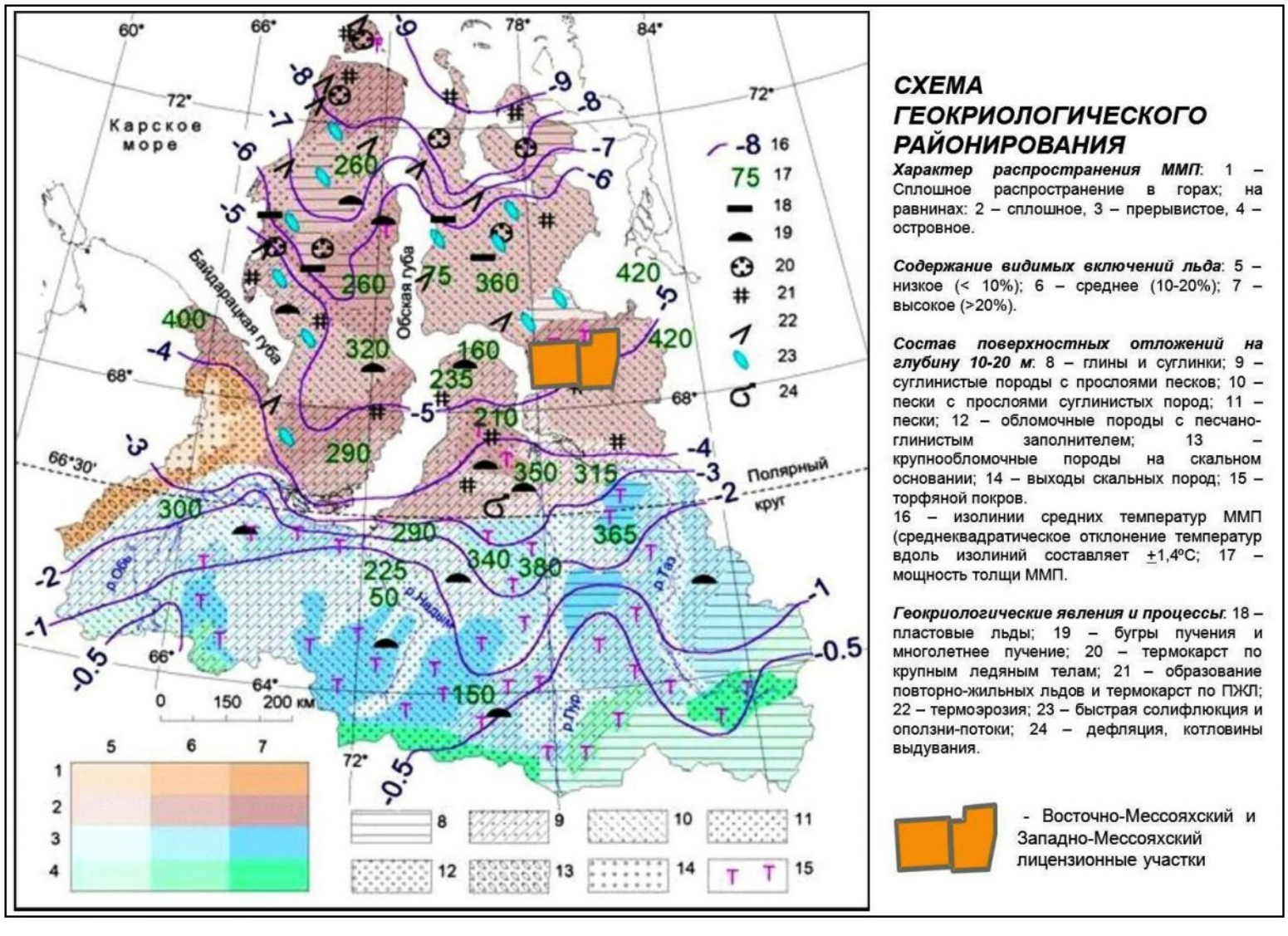


Рис.1. Схема геокриологического районирования территории ЯНАО

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

Западно-Мессояхское месторождение открыто в 1983 г., Восточно-Мессояхское месторождение открыто в 1989 г. Рассматриваемые месторождения до настоящего времени не разрабатывались и находятся на стадии опытно-промышленной разработки. Недропользователем лицензионных участков является ЗАО "Мессояханефтегаз", принадлежащий НК "Роснефть" 50% и ОАО "Газпронефть" 50%. Оператором выступает Филиал "Мессояха" ООО "ГПН Развитие".

Площадь Западно-Мессояхского л/у составляет 3521,97 км^2, площадь горного отвода составляет 274,7 км^2. Площадь Восточно-Мессояхского л/у составляет 3757,37 км^2, площадь горного отвода составляет 299,3 км^2.

На рассматриваемых месторождениях всего пробурено 62 поисково-разведочных скважины. В настоящее время на Восточно-Мессояхском месторождении расположены 3 кустовые площадки. На Западно-Мессояхском месторождении нет объектов промысловой и транспортной инфраструктуры.

По геологическому строению месторождения являются многопластовыми, сложно-построенными, неоднородно-слоистыми, с блоковым характером строения продуктивных залежей, осложненными тектоническими нарушениями. Выделяется 5 основных продуктивных групп залежей (рис.2).

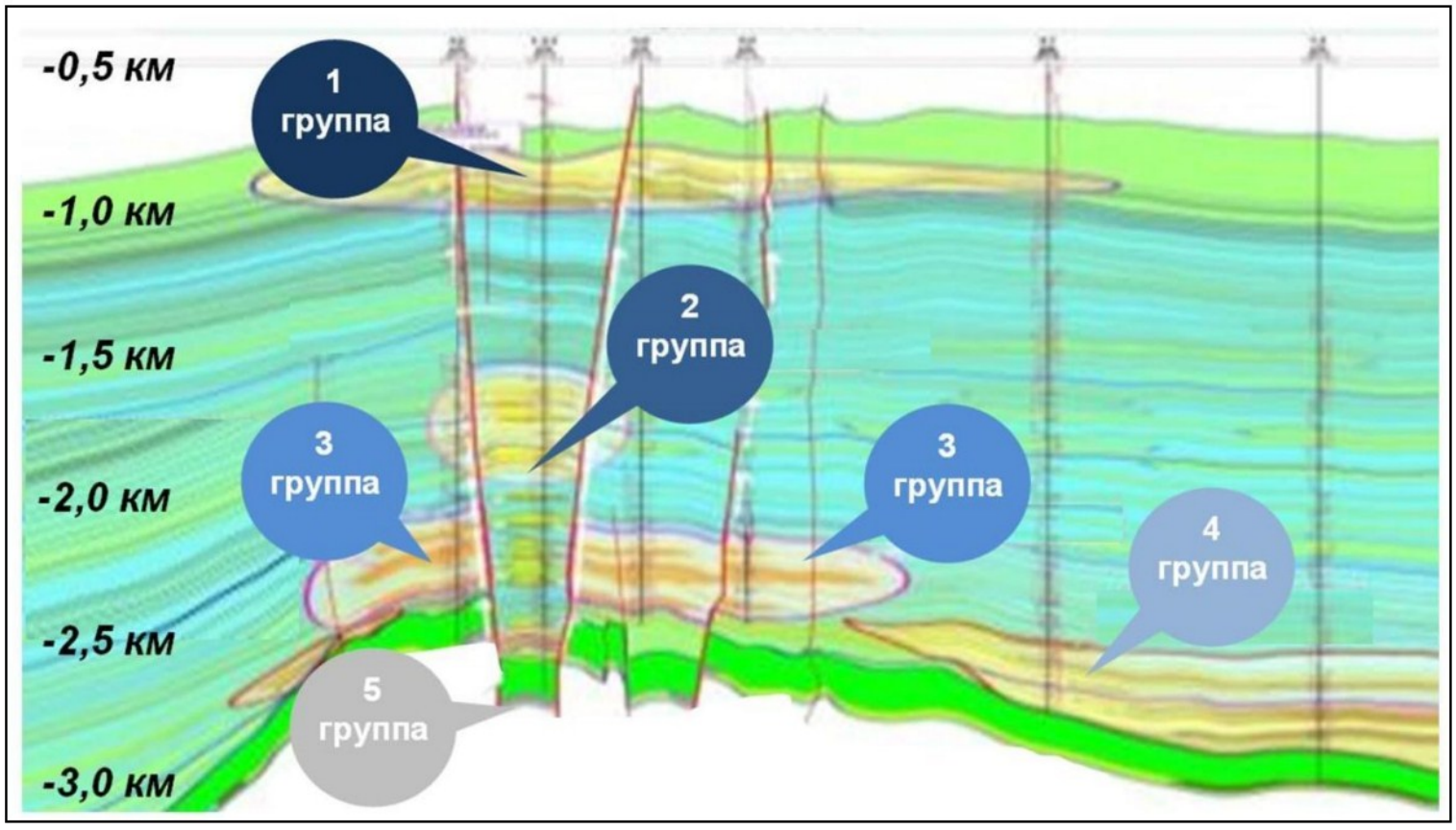


Рис.2. Модель формирования нефтегазовых залежей

1 группа: пласты ПК$_{1-3}$. Сеноманские залежи массивного типа с тектоническими экранами, газовыми шапками. Плотность нефти: 950 («тяжелая нефть»).
2 группа: пласты ПК$_{12-22}$, МХ$_{1-9}$, БУ$_{6-10}$. Мелкие ловушки с газонефтяным насыщением в изолированных тектонических блоках. Плотность нефти: 840÷920 («тяжелая нефть»).
3 группа: пласты БУ$_{12-15}$. Тектонически- и литологически-экранированные ловушки шельфового генезиса с легкой нефтью. Плотность нефти: 830÷870 («средняя нефть»).
4 группа: пласты БУ$_{19-21}$. Неантиклинальные шельфовые, ачимовские, выклинивающиеся к своду вала ловушки с легкой нефтью. Плотность нефти: 810÷830 («легкая нефть»).
5 группа: нижне-среднеюрские залежи газоконденсатного насыщения структурно-литологического (пласт Ю$_2$) и структурного (пласты Ю$_6$, Ю$_{10}$) типов. Плотность нефти: 810÷830 («легкая нефть»).

Максимальные амплитуды сбросов до 100 м выделяются на Западно- и Восточно-Мессояхских поднятиях, для Центрально-Мессояхской зоны амплитуда сбросов не превышает 30 м. Следует отметить, что с глубиной система сбросов становится проще, линии смещений короче, амплитуда разрывов меньше (рис.3).

Извлекаемые запасы нефти обоих месторождений по категории C_1 и C_2 оцениваются более 400 млн.т. Основная часть запасов приходится на тяжелую, высоковязкую нефть, что свидетельствует о влиянии разломной тектоники в верхней части разреза.

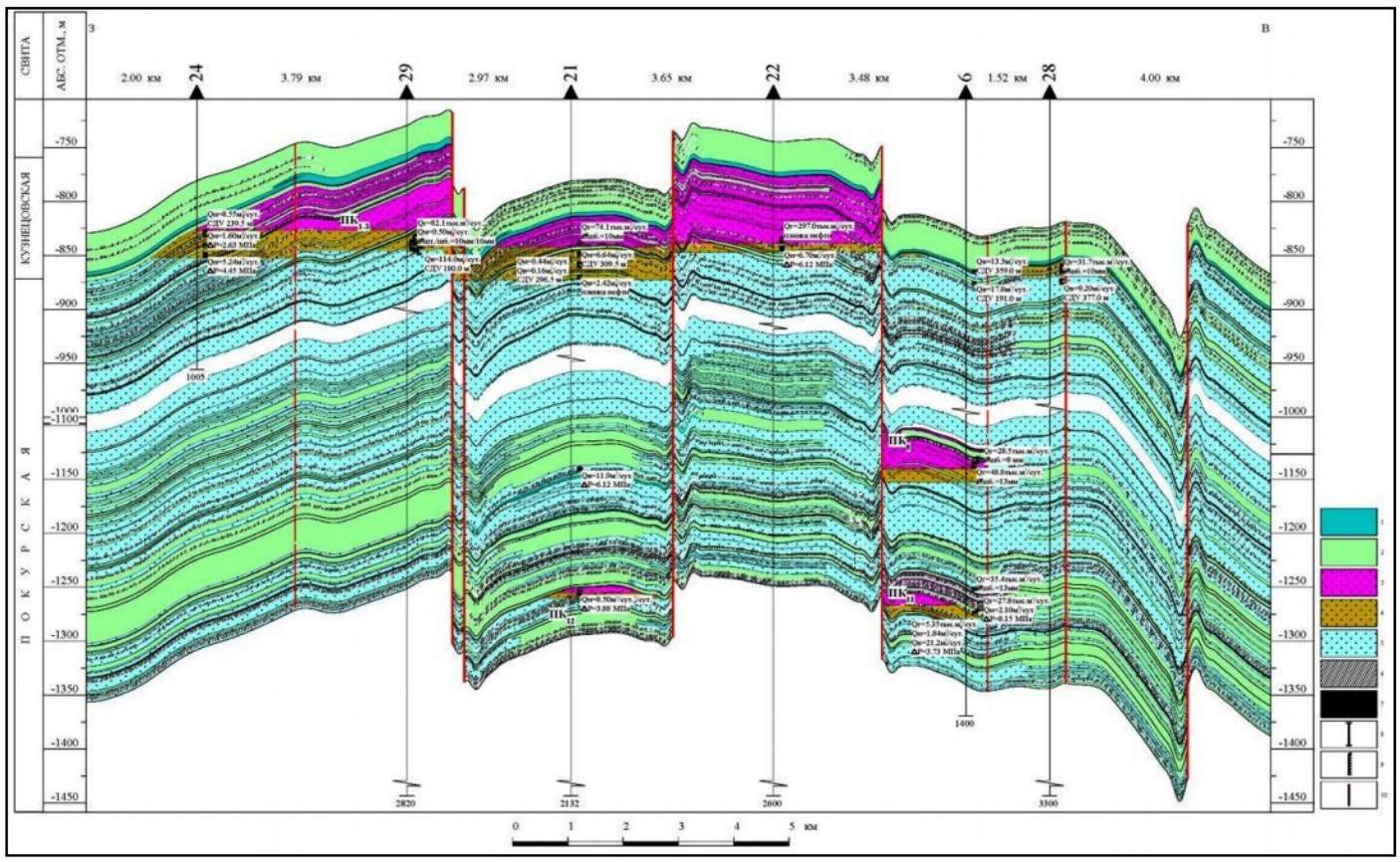


Рис.3. Геологический разрез по линии скважин 24-29-21-22-6-28 продуктивных пластов $ПК_{1-3}$ – $ПК12_{12}$

Применение детализационной съемки МОВ ОГТ 2Д, а так же использование трехмерной сейсморазведки МОГТ 3Д позволяет получить принципиально новую информацию о строении альб-сеноманского комплекса. Следует отметить, что на формирование запасов вязких и тяжелых нефтей оказал тектонический фактор, который проявился в своей дизъюнктивной форме. Выявленные тектонические нарушения, идущие от фундамента до сеномана, следует отождествлять с зонами субвертикальной деструкции.

Общие методические подходы к разработке проекта техногенного полигона на Мессояхских месторождениях были реализованы авторами в создании принципиальной схемы геодинамического мониторинга (рис.4).

В основе представлений о эколого-промышленной безопасности, особенно в условиях арктической зоны, лежит понимание необходимости размещения инженерных сооружений, таких как объекты инфраструктуры месторождений (ЦПС, ДНС, ВЖК, скважины и кусты скважин, газопроводы, карьеры, дороги и т.п.) вне зоны действия наиболее опасных геологических процессов.

Наиболее опасными геологическими процессами являются: геокриологические (термокарст, пучение грунтов, солифлюкция и т.д.); геомеханические (оседания земной поверхности над подрабатываемыми залежами); геодинамические (активные тектонические нарушения).

Согласно требованию документов Ростехнадзора [1], на нефтегазовых месторождениях ЯНАО выполняются работы по геодинамическим наблюдениям. Однако эти работы носят локальный характер (на отдельных месторождениях) и, главным образом, ориентированы на статические методы наблюдений (геометрическое нивелирование, ГНСС-наблюдения, гравиметрия), в то время как современные геологические процессы в криолитозоне (вертикальные и горизонтальные сдвижения при отработке залежи) имеют высокоскоростной динамический характер.

Рассматриваемые месторождения расположены в сложных климатических и геолого-тектонических условиях, в зоне распространения многолетнемерзлых пород (ММП). Основания зданий и сооружений в условиях распространения ММП подвержены температурному влиянию деятельного слоя грунтов – сезонному протаиванию-промерзанию, а также оттепляющим техногенным факторам от объектов эксплуатации на толщу грунтового основания, фундаменты которых представлены, как правило, висячими сваями. Поскольку подавляющее большинство сооружений нефтегазовых промыслов в условиях Крайнего севера построены по I принципу (сохранение температурного режима многолетнемерзлых грунтов при эксплуатации) проблема обеспечения деформационной безопасности будет являться основой геодинамического мониторинга. В этой связи, деформационный или геотехнический мониторинг (ГТМ) по осадочным маркам сооружений высокого уровня ответственности позволит получать информацию, обеспечивающую своевременный и надежный контроль за устойчивостью фундаментов, а значит и за обеспечением промышленной безопасности и охраны недр на геодинамической основе. Это позволит исключить аварии, возникшие в результате недопустимых осадок и деформаций, а так же увеличить сроки безаварийной эксплуатации объектов нефтегазовой инфраструктуры.

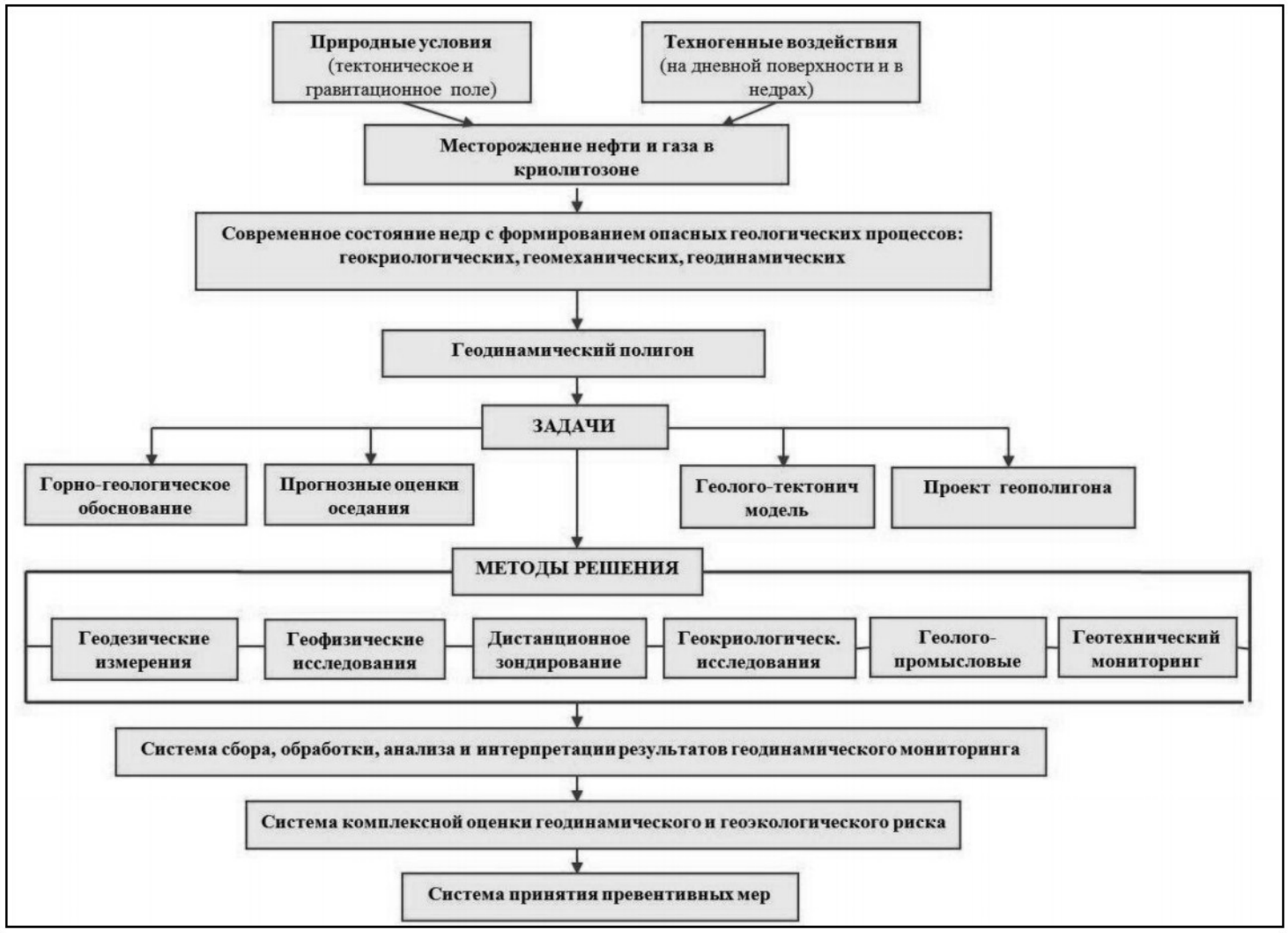


Рис.4. Принципиальная схема обеспечения системы эколого-промышленной безопасности и охраны недр при проектировании геодинамических полигонов в криолитозоне

Так как, согласно требованию документов ОАО «Газпром», геотехнический мониторинг необходимо выполнять на стадии строительства и эксплуатации объектов газонефтедобычи, расположенных в криолитозоне, то целесообразно планово-высотную основу геодинамического полигона использовать при выполнении геотехнического деформационного мониторинга [2]. Поэтому в принципиальной схеме обеспечения эколого-промышленной безопасности использован системный подход, ориентированный на взаимосвязь геодинамического и геотехнического мониторинга (рис.5).

В составе проекта геодинамического полигона авторами выполнен комплекс исследований по горно-геологическому обоснованию (ГГО) создания системы геодинамических наблюдений на рассматриваемых месторождениях.

Разработка ГГО является первым этапом проектирования геодинамического полигона и обеспечивает реализацию п.262 «Инструкции по производству маркшейдерских работ» [2]. Это предусматривает сбор, систематизацию и комплексный анализ геолого-геофизической, дистанционной и промысловой информации по месторождениям для прогнозной оценки оседания земной поверхности при отработке месторождений, составление схемы геодинамического полигона, выбора методик производства работ и обеспечивает оптимизацию выполняемых работ.

Полученная информация о природной обстановке свидетельствует о том, что основная специфика освоения Мессояхских месторождений сопряжена с критически низкими температурами и суровым климатом, отсутствием транспортных коммуникаций и удаленностью от населенных пунктов, непосредственной близостью от государственного биологического заповедника, а так же со сложностью геолого-тектонических и геокриологических условий.

В составе ГГО выполнены прогнозные оценки оседания земной поверхности с учетом геолого-геофизических характеристик основных пластов, согласно которым оседания могут достигать 400 мм при падении пластового давления на 5 МПа, что свидетельствует о необходимости создания системы контроля за развитием деформационных процессов при отработке углеводородной залежи. Осуществлено геодинамическое районирование территории месторождений для создания разноранговых линеаментно-блоковых моделей. Этот вид работ рекомендован в настоящее время для предприятий, участвующих в разработке проектов геополигонов, имеющих сертификацию Союза маркшейдеров, и используется для повышения качества и оптимизации системы маркшейдерских наблюдений на геодинамических полигонах.

В основу современных представлений о современной геодинамике недр месторождений и земной

поверхности при добыче полезных ископаемых положена концепция блочной структуры горного массива. Основными структурными элементами, выделяемыми при дешифрировании, являются прямолинейные элементы рельефа и других компонентов ландшафта, получивших название линеаментов (природный индикатор делимости земной коры).

Под линеаментами понимаются системы спрямленных элементов структуры земной поверхности, выраженных в современном ландшафте, образованных под действием тектонических полей напряжений разного ранга (флексурно-разрывными деформациями, разломами, зонами повышенной трещиноватости и т.д.). Выделенные линеаменты наносятся на топоосновy, космоснимки и подвергаются интерпретации с целью установления геолого-тектонической природы выявленных объектов.

В результате линеаментного анализа формируется схема генерализованных зон линеаментов, состоящая из двух типов:

- региональной, сформированной планетарными напряжениями и трещиноватостью (С-З и С-В направленность);
- локальной, обусловленной напряженно-деформационным состоянием площади работ, в следствии тектонических процессов (меридиональные и субширотные).

Линеаментно-эрозионная и ландшафтно-рельефная картины дневной поверхности являются результатом унаследования структурно-формирующих геодинамических процессов в осадочном чехле и фундаменте.

В результате системного подхода, а именно анализа материалов дистанционного зондирования (ДЗЗ) и существующей геолого-тектонической информации, выделяются геоблоки, по которым определяются элементы современной геодинамики - зоны сжатия и растяжения. Определение ориентировки осей главных нормальных напряжений каждого выделенного геоблока (на территории месторождений их всего 68) является первоочередной задачей при изучении напряженно–деформированного состояния породных массивов и геодинамической обстановки в целом.

Линеаментам, которые связаны с глубинным геолого-тектоническим происхождением, по анализу структурных карт и материалов сейсморазведки 3Д дается название динамически напряженные зоны (ДНЗ). Итоговым графическим материалом является карта современной геодинамической обстановки, которая служит основой для создания оптимальной структурной сети системы геодезических наблюдений на проектируемом полигоне. Таким образом, для создания оптимальной планово-высотной основы сети наблюдательных станций на геодинамическом полигоне выполнены работы по геодинамическому районированию с построением карты современной геодинамической обстановки с выделением предварительных зон риска (рис.5).

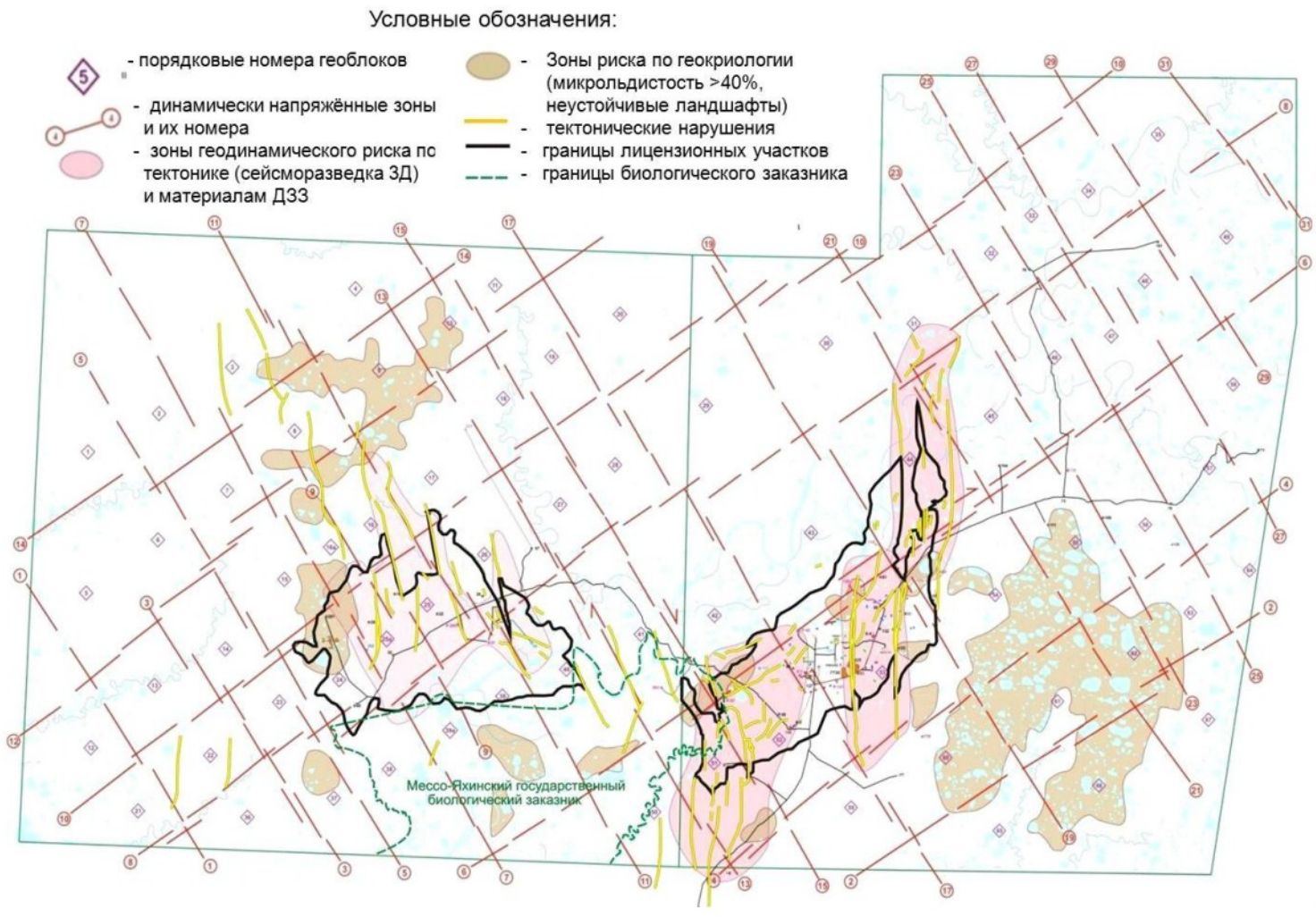


Рис.5. Карта современной геодинамической обстановки локального уровня с зонами риска

ПРОБЛЕМЫ ГОРНОЙ ГЕОМЕХАНИКИ

На карте современной геодинамической обстановки по совокупности опасных деформационных процессов выделяются зоны риска по трем критериям: геокриологическим (карта мерзлотного районирования по степени устойчивости ландшафтов и грунтов при оттаивании), геодинамическим (карта ДНЗ и тектонических разломов по сейсморазведке 3Д) и геомеханическим (прогнозные оценки сдвижения при добыче углеводородов).

Основные требования к структурному построению систем маркшейдерско-геодезических наблюдений на техногенных геодинамических полигонах базируются на требованиях [1], а также опыте работ по проектированию геодинамических полигонов на различных объектах нефтяной промышленности [3]**.** В качестве базовых принципов построения измерительной сети могут быть использованы следующие:

- профили должны пересекать месторождение как вдоль, так и поперек простирания газонефтеносной структуры;
- густота реперов должна составлять 300–500 м, а в местах пересечения нивелирными линиями тектонических нарушений (разломных зон) - 100 м;
- профили должны начинаться и заканчиваться за пределами зоны влияния разработки месторождений (за границей мульды оседания);
- точность нивелирования должна быть не грубее II класса;
- частота опроса повторных наблюдений должна быть не реже, чем 1 раз в год.

При этом линия нивелирования, представляющая собой наблюдательные станции линейного типа, выполняет две функции:

- мониторинг оседаний земной поверхности вследствие отработки мощных нефтяных и газовых залежей;
- репера профильных линий, расположенные в непосредственной близости от объектов добычи и переработки нефти и газа, служат основой для производства ГТМ.

В связи с большой площадью лицензионных участков месторождений и с крайне тяжелыми климатическими условиями, выполнение полевых работ при измерениях для мониторинга по всей территории требует значительных финансовых затрат.

В последнее время наиболее рациональным становится метод дифференциальной интерферометрии SAR. Интерферометрическая обработка радиолокационной съемки с повторных орбит космического аппарата (КА) – это современный способ дистанционного зондирования, позволяет получать цифровую модель рельефа (ЦМР) и схему динамики подстилающих покровов за время между съемками. Для достижения более высокой точности рассматриваемого метода проектом предусмотрено применение метода интерферометрии постоянных отражателей с накоплением массива разновременных радиолокационных съемок. В этом случае результатом будут скорости смещений отдельных стабильных элементов микрорельефа земной поверхности и техногенных промышленных объектов [4].

Учитывая вышеизложенное, авторами проекта предлагается выполнять поэтапный мониторинг. В настоящее время отсутствует проект обустройства Мессояхских месторождений, в этой связи рекомендуется организовать деформационный мониторинг земной поверхности в геоцентрической системе координатах ITRF (International Terrestrial Reference Frame) методом высокоточных спутниковых измерений относительно пунктов международной IGS-сети. Также при строительстве и вводе в эксплуатацию объектов нефтесбора и нефтеподготовки организовать мониторинг оседаний по локальной профильной линии нивелирования II класса, проходящей с запада на восток через всю площадь горного отвода (рис.6).

Концепцией разработки и обустройства месторождений предусматривается план ввода месторождений на полное развитие к 2020 году. В этой связи, работы по геодинамическому мониторингу предусмотрено выполнять поэтапно. Виды и объемы работ сведены в таблицу по этапам (табл.1).

Таблица 1

Этап	Дата	Виды и объемы работ
1.	2014 г.	Закладка (строительство) геодинамического полигона: пункты для ГНСС измерений, гравиметрические пункты, рабочие глубинные репера, термометрические скважины. Спутниковая радиолокационная и ИК съемка.
2.	2015 г.	Комплекс геодезических работ: высокоточные ГНСС-измерения, высокоточное геометрическое нивелирование II класса. Высокоточная гравиметрическая съёмка. Спутниковая радиолокационная и ИК съемка.
3.	2016 г.	Комплекс работ, аналогичный 2015 г. *Принятие решения о необходимости корректировки технического проекта.*
4.	2017 г.	Комплекс работ, аналогичный 2015 г. *Корректировка проекта геодинамического полигона на Восточно-Мессояхском и Западно-Мессояхском л/у.*

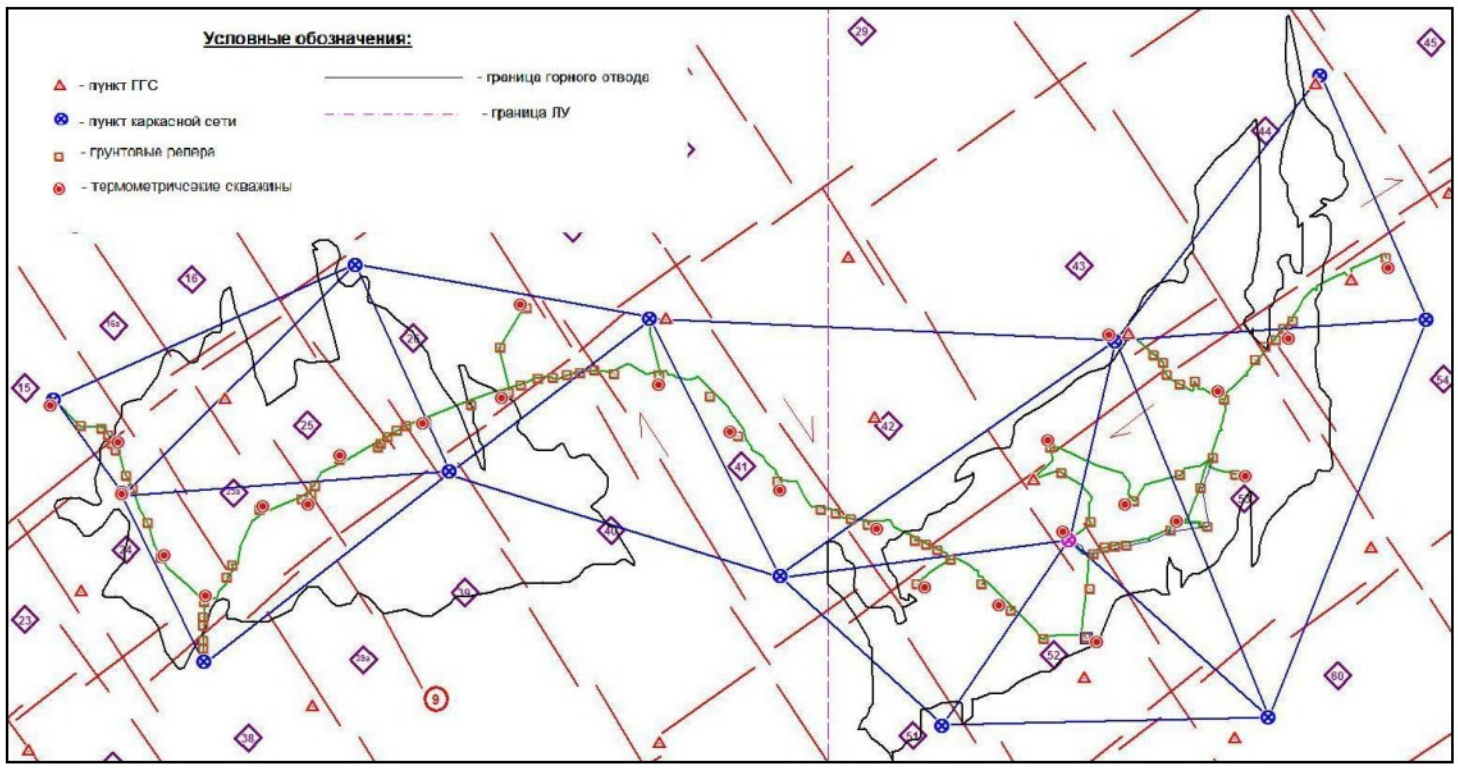


Рис.6. Схема развития геодинамического полигона на Восточно-Мессояхском и Западно-Мессояхском месторождениях

Выводы и рекомендации

1. Основная специфика освоения Мессояхских месторождений сопряжена с критически низкими температурами и суровым климатом, отсутствием транспортных коммуникаций и удаленностью от населенных пунктов, непосредственной близостью от Государственного биологического заповедника, а так же со сложностью геолого-тектонических и геокриологических условий.

2. Результаты предварительных оценочных расчетов показывают, что прогнозные максимальные оседания земной поверхности при отработке месторождений могут достигать 400 мм при падении пластового давления на 5 МПа.

3. Линеаментно-блоковый анализ позволил создать карту современной геодинамической обстановки с зонами риска, что послужило основанием для определения оптимального количества наблюдательных пунктов полигона.

4. Поскольку в настоящее время отсутствует Проект обустройства месторождения, то при разработке генерального плана технологических объектов нефтепромыслов рекомендуется учитывать зоны геодинамического риска, выявленные при ГГО.

5. С учетом концепции разработки и обустройства месторождений в проекте предусмотрен системный подход, ориентированный на поэтапное выполнение и взаимосвязь деформационного геодинамического в площади горного отвода с геотехническим объектным мониторингом.

Литература

1. РД 07-603-03. Инструкция по производству маркшейдерских работ.

2. СТО Газпром 2-3.1-072-2006. Регламент на проведение геотехнического мониторинга объектов газового комплекса в криолитозоне.

3. Васильев Ю.В., Юрьев М.Л, Яковлев С.И. Анализ результатов геодезических и гравиметрических измерений на Самотлорском геодинамическом полигоне // Маркшейдерский вестник. 2012. № 5. С.36-42.

4. Филатов А.В., Евтюшкин А.В., Васильев Ю.В. Использование метода интерферометрии устойчивых отражателей при геодинамическом мониторинге Самотлорского месторождения // Маркшейдерский вестник. 2012. № 4. С.57-62.

Юрий Владимирович Васильев, с.н.с., рук. сектора геодинамического мониторинга, к.г-м.н, ЗСФ ИНГГ СО РАН,
тел. (3452) 688-791, 8(904)496-83-55, тел./факс (3452)46-27-58, 46-56-02;
Павел Петрович Петров, главный маркшейдер ООО «Горные технологии», тел. (499)755-92-33, 8(926)924-71-86;
Михаил Леонидович Юрьев, ведущий инженер ЗСФ ИНГГ СО РАН, тел. (3452)688-791;
Ержан Курмашевич Сагимбаев, главный маркшейдер-начальник Управления маркшейдерских и землеустроительных работ ООО «Газпромнефть-Развитие» Филиал «Мессояха», тел.8(963)450-05-09

УДК 622.834.1:622.031.52-118

А.Е.Журавлёв, В.Н.Гусев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА МЕЖДУ РЕПЕРАМИ ПРОФИЛЬНЫХ ЛИНИЙ, ЗАКЛАДЫВАЕМЫХ ДЛЯ КОНТРОЛЯ СДВИЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТОННЕЛЕЙ

Приведены рекомендации по обработке данных, полученных по реперам профильных линий. Проведён анализ результатов наблюдений за оседаниями при проходке тоннелей способом микротоннелирования. На основе сравнительного анализа натурных значений кривизны с её теоретическими значениями определён оптимальный интервал между реперами профильной линии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тоннели; оседания; кривизна; интервал между реперами.

А.Е.Журавлёв

В.Н.Гусев

Наблюдения за оседаниями земной поверхности проводились во время сооружения в г.Санкт-Петербурге под Смольной набережной трёх параллельных микротоннелей с выходом в акваторию Невы. Расстояние между тоннелями составляет около 12 м, глубина – до 23,5 м. Проходка велась автоматизированным тоннелепроходческим комплексом Herrenknecht AVN 1600. Наружный диаметр тоннелей составил около 2,0 м, внутренний – 1,5 м, длина каждого тоннеля – около 230 м.

В соответствии с данными инженерно-геологических изысканий территория строительства расположена в пределах Приневской низины с абсолютными отметками поверхности земли от 2,7 м до 3,5 м. Гидрографическая сеть района относится к бассейну Балтийского моря. В геолого-литологическом строении участка принимают участие четвертичные отложения различного генезиса (техногенные отложения tg IV, озерно-морские отложения l,mIV, озерно-ледниковые отложения lgIII, ледниковые отложения Лужской стадии оледенения gIII, межморенные озерно-ледниковые lg II-III и водно-ледниковые f,lgII-III отложения (рис. 1).

На отметках строительства тоннелей залегают породы в основном озерно-морского (lm IV) и озерно-ледникового (lg III) генезиса, представленные песками мелкими светло-серого цвета, водонасыщенными, средней плотности, песками средними светло-коричневого цвета, водонасыщенными, средней плотности и песками гравелистыми светло-коричневого цвета, водонасыщенными, средней плотности.

Надморенный водоносный комплекс развит повсеместно, приурочен к супесчаным, песчаным, песчано-гравийным прослоям (линзам) и слоям в толще техногенных, озерно-морских и озерно-ледниковых отложений. Нижним водоупором являются грунты лужской морены. Зеркало грунтовых вод на момент бурения зафиксировано на абсолютных отметках 2,3 м – 3,2 м.

Для наблюдений за оседаниями на Смольной набережной были заложены три профильные линии реперов в направлении, перпендикулярном оси тоннелей (рис. 2).

Реперы были закреплены на бордюрном камне, наблюдения за оседаниями проводились тригонометрическим нивелированием высокоточным тахеометром Leica TCRA 1201 с наведением на отражатель. При приближении щита к профильным линиям и при прохождении под ними оседания измерялись ежедневно. Затем, в зависимости от скорости деформаций, периодичность измерений уменьшалась. Наблюдения заканчивались при достижении условной стабилизации деформаций, когда оседания не превышали 1 мм за 2-3 недели.

Поскольку мониторинг проходил в городских условиях, не всегда удавалось выдерживать равные интервалы между реперами при их закладке. Расстояния между реперами варьировались от 1 до 3 метров. Для получения наиболее полной картины деформаций с помощью интерполяции были получены значения оседаний на приведенных интервалах, равных 1 м, которые откладывались от оси тоннеля в обе стороны вдоль профильных линий. Затем из оседаний на интервалах, составляющих 1, 2, …, 17 м, были вычислены натурные значения максимальной кривизны вдоль профильных линий, в том числе в точках максимальных оседаний мульды, расположенных на оси тоннелей.

В процессе проходки по каждой из трёх профильных линий было выполнено до 18 серий наблюдений, в каждой серии определено 17 значений максимальной кривизны, в соответствии с количеством приведенных интервалов. Таким образом, из натурных данных оседаний был получен массив значений максимальной кривизны для различных приведенных интервалов.

ИНЖЕНЕРНО–ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

Скважина N3-143 Абс.отметка устья : 3.64 м

N слоя п/п	Геологический индекс	Глубина залегания слоя, м от	до	Мощность, м	Абс. отметка подошвы слоя, м	Литологическ. разрез	Глубина отбора образцов	Наименование грунта	Группа грунта по бурим.	по уст.
1		0.00	0.20	0.20	3.44			Почвенно-растительный слой.		
2	tg IV	0.20	1.50	1.30	2.14			Насыпной грунт: песок мелкий, коричневый, со строительным мусором, кирпичной крошкой, щебнем 10%, плиткой керамической 5%, метал. арматурой.	I	
3	tg IV	1.50	4.80	3.30	-1.16	①	2 4	Насыпной грунт: суглинок серый, перелопаченный с почвой, кирпичной крошкой 5%, метал. проволокой 2%, пластичный, с гл. 3,5м до конца интервала древесная щепа 80%, в сером суглинке.	I	
4	m,l IV	4.80	6.70	1.90	-3.06	③	6	Пески пылеватые, серые, с прослоями супеси насыщенные водой, средней плотности.	I	
5	m,l IV	6.70	11.00	4.30	-7.36	⑤	8 10	Пески средней крупности, серые, насыщенные водой, средней плотности.	II	
6	m,l IV	11.00	16.00	5.00	-12.36	④	12 14 16	Пески мелкие, светло-серые, насыщенные водой, средней плотности.	II	II
7	m,l IV	16.00	19.00	3.00	-15.36	⑤	18	Пески средней крупности, серые, насыщенные водой, средней плотности.	II	
8	m,l IV	19.00	23.80	4.80	-20.16	⑦	20 22 24	Пески гравелистые, светло-серые, с прослоями крупного песка, насыщенные водой, средней плотности.	II	
9	lg III	23.80	25.80	2.00	-22.16	⑨	26	Пески пылеватые, светло-серые, насыщенные водой, плотные.	II	
10	gIII lz	25.80	30.10	4.30	-26.46	⑫	28 30	Супеси пылеватые, серые, с прослоями песка пылеватого, с гравием и галькой 5%, пластичные, по Св - тугопластичные.	III	
11	gIII lz	30.10	32.50	2.40	-28.86	⑭	32	Супеси очень пылеватые (алевритовые), серые, пластичные, по Св - полутвердые.	III	
12	gIII lz	32.50	35.00	2.50	-31.36	⑬	34	Супеси пылеватые, серые, с гравием и галькой 2%, пластичные, по Св - полутвердые.	III	

Рис. 1. Геологическая колонка в месте проведения наблюдений.

Анализ полученных натурных данных об оседаниях реперов профильных линий показал, что их распределение в поперечном сечении мульды, совпадающем с профильными линиями I, II, III (рис. 2), может быть выражено функцией распределения Гаусса:

$$\eta_x = \eta_0 e^{-\frac{x^2}{2i_x^2}}, \qquad (1)$$

где η_0 - величина максимального оседания в точке над осью тоннеля; x – абсцисса точек мульды сдвижения с началом координат в точке максимального оседания; i_x - параметр ширины мульды, который представляет собой расстояние от оси тоннеля до точки перегиба мульды, или точки с максимальным уклоном (рис.3). В оригинальном уравнении Гаусса i_x является стандартным отклонением.

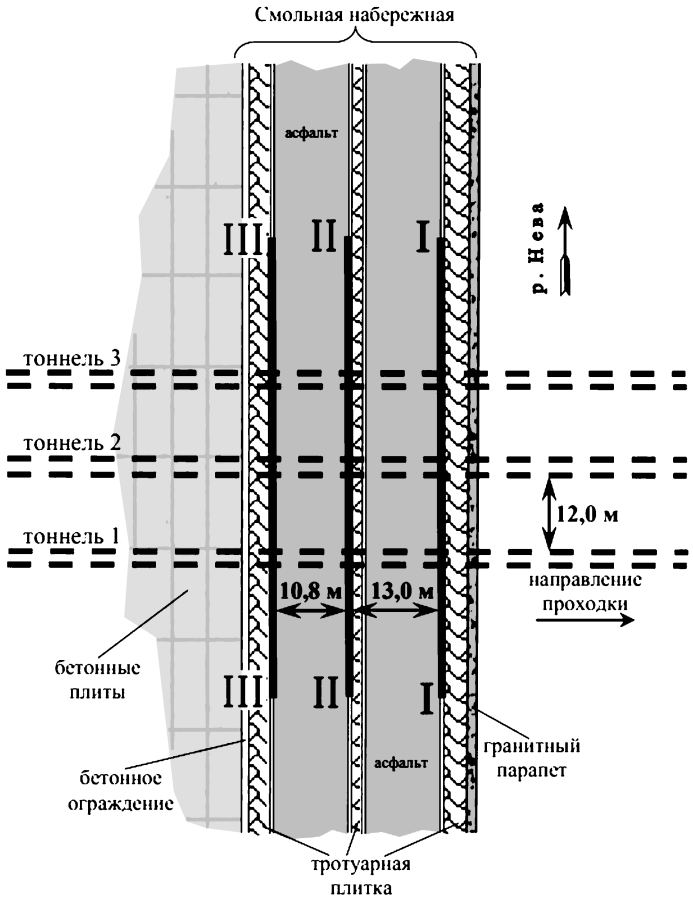


Рис.2. Микротоннели и профильные линии для наблюдения за оседаниями

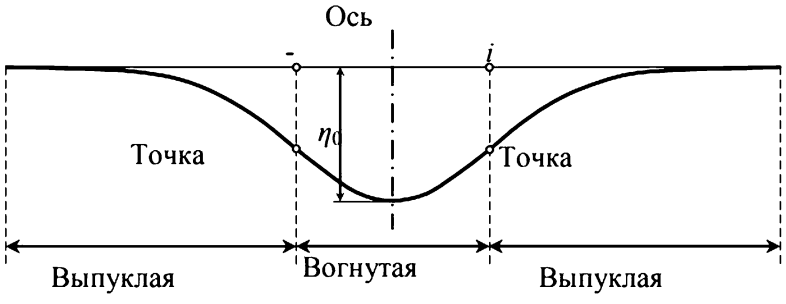


Рис.3. Мульда оседаний в поперечном сечении тоннеля

Исходя из зависимости величины кривизны от длины интервала между реперами [1] и с учётом формулы (1) для точки максимальных оседаний x=0 было получено аналитическое выражение для кривизны, отражающее функциональную связь с интервалом между реперами:

$$K_{x=0} = 2\frac{\eta_0}{l^2} \cdot \left(e^{-\frac{l^2}{2i_x^2}} - 1 \right), \qquad (2)$$

где l - интервал между реперами, а в рассматриваемом случае - значение длин приведенных интервалов.

Дальнейшие выводы основываются на предположении, что параметр ширины мульды i_x не зависит от величины максимальных оседаний и является постоянной характеристикой мульды для данной серии наблюдений. Для каждого поперечного сечения значение i_x определялось графически методом подбора до тех пор, пока не было достигнуто наилучшего соответствия кривой функции (1) с распределением оседаний в мульде, построенным на основе данных натурных наблюдений.

Затем из (2) были определены теоретические значения кривизны для каждой серии наблюдений при различных приведенных интервалах. Для оценки соответствия натурной кривизны теоретическим значениям, полученным при различных приведенных интервалах, было использовано среднеквадратическое отклонение, которое определялось для многократно проведенных наблюдений при каждом значении приведенного интервала.

На рис.4 показан график среднеквадратического отклонения значений кривизны ($\sigma_к$) в зависимости от длины приведенных интервалов, отнесенных к параметру ширины мульды i_x.

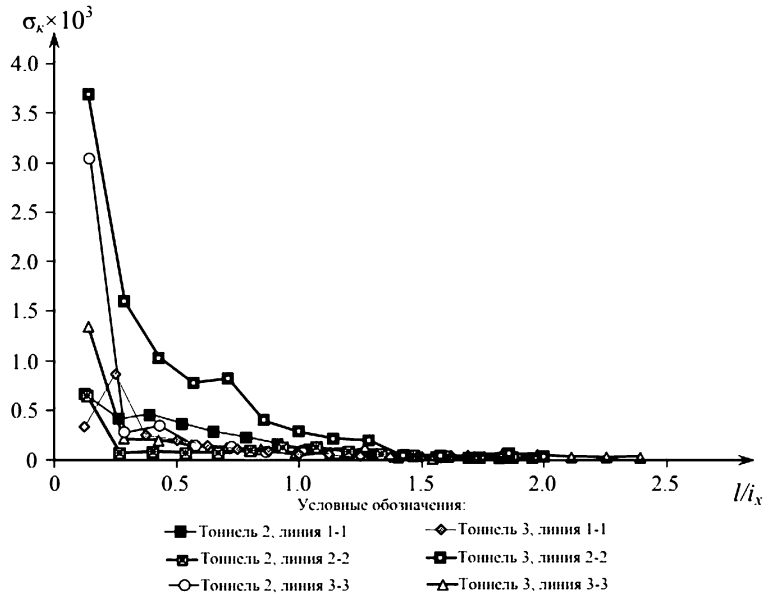


Рис.4. Среднеквадратические отклонения натурных значений кривизны от расчетных для приведенных интервалов в единицах параметра ширины мульды

Из графика следует, что с увеличением длины приведенного интервала среднеквадратическое отклонение $\sigma_к$ уменьшается и уже при l/i_x=1,5 имеет незначительную величину.

Таким образом, можно утверждать, что натур-

ное значение кривизны, получаемое при интервале между реперами $l \geq 1{,}5i_x$, где один репер заложен в точке максимальных оседаний, практически соответствует расчётному значению кривизны, получаемому из выражения (2).

Согласно [2] параметр ширины мульды прямо пропорционален глубине и рассчитывается по формуле: $i_x=Kz_0$, где z_0 - вертикальное расстояние от поверхности земли до оси тоннеля. В рассматриваемом примере на пикетах профильных линий вертикальное расстояние от поверхности земли до оси тоннеля $z_0=22{,}0$ м. Значения i_x, определенные на основе натурных наблюдений, составляют от 6,9 до 8,0 м, среднее значение равно 7,4 м. Таким образом, для условий объекта проведения работ коэффициент $K=i_x/z_0=0{,}34$ или $K\approx1/3$.

Поэтому для максимального соответствия натурных значений кривизны расчётным, при закладке профильных линий над проходимыми тоннелями с целью контроля за геомеханическими процессами, должно соблюдаться условие:

- интервал между реперами профильной линии должен быть $l \geq 0{,}5z_0$;

- один из реперов профильной линии, располагаемой перпендикулярно оси тоннеля, должен быть заложен в точке, лежащей на проекции оси тоннеля на поверхность.

В рассматриваемых горно-геологических условиях проходки тоннелей оптимальное расстояние между реперами профильной линии составит l=11 м.

Литература

1. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород и земной поверхности при подземной разработке рудных месторождений / М-во цв. мет. СССР. Горное управление: Введ. 3.07.86. – Разраб. ВНИМИ, ВНИПИгорцветмет. – М.: Недра. 1988. – 112 с.

2. O'Reilly M. P., New B. M. Settlements above tunnels in the united kingdom – their magnitude and prediction. Pages 55 - 64 of: Tunnelling 82. The Institution of Mining and Metallurgy, London, 1982.

Алексей Евгеньевич Журавлёв, главный маркшейдер ООО «Струйные технологии и строительство - СТиС», Санкт-Петербург, тел. (812) 766-4854, E-mail: zhuravlev@stis.com.ru;
Владимир Николаевич Гусев, д.т.н., профессор, зав. кафедрой маркшейдерского дела, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург, тел. (812) 328-82-59, E-mail: kmd@spmi.ru

ИНФОРМАЦИОННОЕ ПИСЬМО-ПРИГЛАШЕНИЕ

Уважаемые коллеги!

Приглашаем Вас принять участие (дистанционное участие) в работе научно-практической конференции Университета новейших технологий в городе Киеве на тему «Научные аспекты геодезии, землеустройства и информационных технологий», которая пройдет в июне 2014 года (дата уточнится в апреле).

Тематика конференции:

- Новые технологии в геодезии (маркшейдерии), фотограмметрии и дистанционном зондировании Земли;
- Актуальные проблемы землеустройства, мониторинга земель и управления земельными ресурсами;
- Правовые аспекты землеустройства и информатизации;
- Информационные и геоинформационные системы, их применение в народном хозяйстве;
- Проблемы подготовки специалистов по направлению «Геодезия, картография и землеустройство»

Желающие принять участие в конференции просим направлять на адрес оргкомитета заявку и текст доклада по электронной почте **kafgeodez@ukr.net.** Доклады принимаются до 10 мая 2014 года.

В заявке указать:
Фамилию, имя и отчество;
Название организации, научного учреждения (учебного);
Должность, научная степень и научное звание;
Почтовый адрес, обязательно индекс (по этому адресу будет выслан сборник докладов конференции), телефон, e-mail;
Тема доклада.

Адрес оргкомитета: Киев 03067, переулок Машиностроительный, 28, каб. 203.

Доклады конференции будут изданы отдельным сборником, каждому автору будет выслан сборник по адресу, который он укажет в заявке. Рукопись доклада должна соответствовать таким требованиям: - объем – полные 2-12 страничек формата А5 с полями 20 мм по всем краям;

- тестовый редактор – Microsoft Word 97-2003 for Windows, шрифт Times New Roman, кегль 12, с одинарным межстрочным интервалом.

Рукописи присылаются на украинском или русском языках в одном экземпляре в электронном виде.

С более подробной информацией о конференции можно ознакомиться на сайте нашего Университета: http://www.unt.kiev.ua/

Рукописи не редактируются, за научное содержание отвечает автор.

Памяти

Сергея Геннадьевича Верещагина

21 ноября 2013 г. после тяжёлой и продолжительной болезни ушёл из жизни талантливый геодезист-практик и ученый Сергей Геннадьевич Верещагин.

Потомственный маркшейдер, коренной ленинградец, он родился в городе на Неве 15 августа 1961 г.

В родном городе он получил высшее образование: с 1978 по 1983 гг. учился в Ленинградском горном институте имени Г.В.Плеханова, который окончил с отличием по специальности «Маркшейдерское дело» и получил квалификацию горного инженера-маркшейдера.

Свою трудовую деятельность С.Г.Верещагин начал с 1981 г., работая в производственном объединении «Воркутауголь». Здесь в должности участкового маркшейдера он трудился на шахтах «Аяч-Яга», «Юнь-Яга» и др. Здесь же молодой специалист приобрёл свой первый практический опыт в освоении маркшейдерского искусства и умение руководить вверенным ему коллективом.

В ноябре 1990 г. С.Г.Верещагин возвращается в родной город и продолжает свою деятельность в области маркшейдерии, поступив во ВНИИ горной геомеханики и маркшейдерского дела (ВНИМИ), где он начал работать в лаборатории «Методики подземных маркшейдерских работ и охраны недр» инженером первой категории. Работая во ВНИМИ, Сергей Геннадьевич поступает в аспирантуру (1994 г.) и успешно защищает кандидатскую диссертацию (1996 г.).

С 9 апреля 1996 г. он заведует лабораторией «Новых методов производства маркшейдерских работ». С этого времени полностью раскрылся его талант как учёного и организатора. С его именем связано внедрение спутниковых технологий в маркшейдерскую практику, разработка основных принципов использования GPS-аппаратуры при создании геодинамических полигонов на горных предприятиях и др. За свои достижения в области маркшейдерии С.Г.Верещагин был награждён знаком «Шахтёрская слава» III степени.

Вспоминая Сергея Геннадьевича, трудно говорить о нём в прошедшем времени: слишком рано он ушёл от нас, и все мы, его коллеги и друзья, хорошо помним живое общение с этим талантливым специалистом, с его притягательной личностью.

С.Г.Верещагин сочетал в себе умение не только осваивать современные средства маркшейдерско-геодезических измерений и передовые технологии, но и широкий культурный кругозор, позволивший ему внести крупный личный вклад в сохранение исторического наследия в области геодезии.

В октябре 1994 г. С.Г.Верещагин со своими коллегами принял участие в российско-норвежско-украинском спутниковом эксперименте, охватившем всё протяжение «Дуги Струве» от российского острова Гогланд до арктического побережья Норвегии и дельты Дуная, а затем обработал результаты наблюдений, получив ценные историко-научные данные. Также GPS-техникой он выполнил важное переизмерение GPS-техникой первого в России "проволочного" базиса (Молосковицкого), выполнил ответственные спутниковые измерения в Пулковской обсерватории и на пунктах работ В.Я.Струве на острове Гогланд.

С декабря 2001 г. С.Г.Верещагин переходит на работу в «Трест ГРИИ», сначала ведущим геодезистом, а с января 2005 г. - главным геодезистом. Под его руководством и непосредственном активном участии была внедрена новая технология проведения инженерных изысканий с применением метода лазерного сканирования и последующего моделирования для проектирования, строительства и реконструкции объектов; производятся высокоточные геодезические измерения на базе спутниковой системы GPS. С помощью новых технологий были выполнены геодезические изыскания, связанные с воссозданием историко-культурного памятника Константиновский дворец, реконструкцией крупнейших машиностроительных и нефтеперерабатывающих предприятий на Северо-западе России, ТЭЦ, гидротехнических и подземных сооружений, в том числе ликвидация «размыва» в Петербургском метрополитене.

Важное место в профессиональной деятельности С.Г.Верещагина занимает геодезическая

съёмка зданий и жилых кварталов в Санкт-Петербурге, где выполнено модельное сканирование памятников Петербурга - Екатерине II, Ломоносову, съёмка алтаря Исаакиевского собора, определение геометрических параметров строящегося аквапарка (пр.Культуры). Это далеко не полный перечень результатов деятельности С.Г.Верещагина.

В последние годы с его участием выполнены работы по созданию цифровой модели заводских цехов фабрики Ногина, геодезические и архитектурные обмеры ряда зданий и архитектурных памятников Санкт-Петербурга и Ленинградской области, развитие, реконструкция и поддержание в надлежащем состоянии высотных съёмочных сетей города и пригорода, геодезические изыскания при строительстве комплекса «Балтийская жемчужина» и многие другие ответственные работы.

За многолетний добросовестный труд и личные заслуги С.Г.Верещагин неоднократно поощрялся руководством предприятия, награждён значком «Отличник геодезии и картографии» и Благодарностью Вице-губернатора Санкт-Петербурга.

Тяжёлая болезнь и ранний уход из жизни не позволили С.Г.Верещагину реализовать свой талант в полной мере. Его уход из жизни – большая потеря как для его семьи и родных, так и для его друзей и соратников по работе. Он сотрудничал со специалистами значительного числа известных компаний г.Санкт-Петербурга.

Коллективы сотрудников Ленинградского горного института им.Г.В.Плеханова, ВНИМИ, Трест ГРИИ, СПб «Общество геодезии и картографии», Союз маркшейдеров России, редакция журнала «Маркшейдерский вестник», ЗАО «Геодезические приборы», горная научная и производственная общественность скорбят о Сергее Геннадьевиче и выражают искреннее соболезнование его родным и близким.

Светлая память о Сергее Геннадьевиче Верещагине навсегда останется в сердцах многих людей, кому довелось трудиться вместе с ним.

20-я международная промышленная выставка
Металл Экспо 2014
11-14 НОЯБРЯ

Россия, Москва, Всероссийский
выставочный центр, павильоны 69, 75
Тел./факс (495) 734-99-66
E-mail: info@metal-expo.ru http://www.metal-expo.ru
ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

18.11.2013 г. **г.Москва**

«МЕТАЛЛ-ЭКСПО'2013»: СОХРАНИТЬ БАЛАНС НА РЫНКЕ

12-15 ноября в Москве состоялась 19-я международная промышленная выставка «Металл-Экспо'2013», участие в которой приняли 714 компаний из 37 стран мира. Экспозиции посетили около 30 000 потребителей черных и цветных металлов из стройиндустрии, машиностроения, топливно-энергетического комплекса, транспортных и логистических компаний, металлотрейдеров. Большинство участников выставки высоко оценили эффективность своего участия в форуме и выразили желание участвовать в 20-й, юбилейной выставке «Металл-Экспо'2014».

В 2013 г. масштабный выставочно-конгрессный форум собрал ведущие металлургические компании, трубные и метизные заводы, предприятия по обработке цветных металлов, производителей алюминиевого проката и сплавов, строителей, машиностроителей, нефтяников, газовиков, представителей других отраслей реального сектора экономики. На «Металл-Экспо'2013» было представлено все многообразие продукции черной и цветной металлургии, современного оборудования и технологий. 19 специализированных салонов по основным сегментам черной и цветной металлургии были усилены выставкой металлопродукции и металлоконструкций для строительной отрасли «МеталлСтройФорум'2013», демонстрацией оборудования и технологий для металлургии и металлообработки «МеталлургМаш'2013» и экспозицией транспортных и логистических услуг для предприятий ГМК «МеталлТрансЛогистик'2013».

Открытие выставки

Металлурги и их партнеры проанализировали состояние рынка и смоделировали сценарии дальнейшего развития. По общему мнению, в следующем году рынок не ожидает резких изменений — ценовая конъюнктура будет не сильно отличаться от ситуации нынешнего года, объем спроса сохранится на текущем уровне. Однако за счет ввода новых мощностей и возможного роста импорта в условиях ВТО усилится конкуренция. Игроки рынка выразили заинтересованность в стабильности, сохранении баланса спроса и предложения, развитии сотрудничества со своими основными потребителями и покупателями.

В «Металл-Экспо'2013» приняли участие ведущие металлургические предприятия и холдинги, производители и поставщики оборудования, инжиниринговых решений, крупнейшие металлотрейдеры из России и 37 стран мира. Масштабные экспозиции представили ММК, ТМК, Северсталь, НЛМК, Мечел, УГМК, ЧТПЗ, КУМЗ, ОМК, Метинвест-Холдинг, ArcelorMittal, БМЗ, RHI, Ruukki, Днепроспецсталь, ОМЗ-Спецсталь, ВСМПО-АВИСМА, Интерпайп, Сентравис, GMH-Holding, МЗ Электросталь,Уралтрубпром, Ашинский МЗ, ВМЗ «Красный Октябрь», Серовский МЗ, Тюменский ЭМЗ, Ростовский ЭМЗ, Мотовилихинские заводы, Русполимет, МЗ Петросталь, ВОЛГАМЕТКОМ, ТехИнвестСтрой, Металлсервис, Волгаметком, JSL Stainless, Агрисовгаз, МТЗ и ЗМК ТЕМПО и другие производители и поставщики черных и цветных металлов, труб, металлоизделий. После России самые многочисленные экспозиции представили компании из Европы и Китая.

На выставке работали более 4000 специалистов и руководителей компаний-участников. По данным независимого аудита, на долю топ-менеджеров, лиц, которые принимают решение, приходится 53% посетителей «Металл-Экспо». Это одно из немногих выставочных мероприятий страны, которое посещают первые лица компаний. В 2014 г. на выставке работали генеральный директор дивизиона «Северсталь-Российская сталь» Сергей Торопов, директор по сбыту ММК Николай Лядов, генеральный директор НЛМК-Калуга Сергей Шаляев, генеральный директор УК Мечел-Сталь Владимир Тыцкий и управляющий директор Челябинского металлургического комбината Рашид Нугуманов, генеральный директор ЧТПЗ Ярослав Ждань, генеральный директор ТД ТМК Владимир Оборский, президент УК Алюминиевые продукты Владимир Скорняков, генеральный директор Ступин-

ской металлургической компании Владимир Чертовиков, генеральный директор Металлсервис-групп Олег Тюрпенко, генеральный директор ДИПоС Александр Дроздов, генеральный директор компании А ГРУПП Алексей Зайцев - большинство компаний были представлены первыми лицами, принимающими решения. Они имели возможность общаться лицом к лицу со своими потребителями, находить новые рынки сбыта, обсуждать перспективы сотрудничества с партнерами, заключать договора.

Награждение д.т.н., проф. А.В.Тарасова золотой медалью «За большой личный вклад в развитие и популяризацию российской цветной металлургии»

Так, Трубная Металлургическая Компания вручила 112 партнерам дилерские сертификаты, определив круг поставщиков своей продукции на рынках России, СНГ и Балтии. Новый завод НЛМК-Калуга обсудил условия взаимодействия с компаниями-покупателями сортового проката. Свои новые возможности по производству обсадных труб презентовал Уралтрубпром. УГМК-Сталь провел презентацию сортового завода в Тюмени. Лысьвенский металлургический завод анонсировал проект строительства прокатного стана. Северсталь-метиз провела конференцию для дилеров, участие в которой приняли около 50 представителей дилерских компаний России и стран СНГ. «Такие встречи с дилерами в рамках «Металл-Экспо» уже стали хорошей традицией. Они позволяют, с одной стороны, представить нашу позицию в работе с партнерами, а с другой, получить от них обратную связь, которая всегда является для нас основой для укрепления сотрудничества. Тем более что дилерская сеть по-прежнему остается для нас одним из основных каналов сбыта», - прокомментировал Сергей Выдрин, коммерческий директор «Северсталь-метиза».

«Металл-Экспо» стала одной из площадок выработки консолидированной позиции металлургической отрасли. Обширная конгрессная часть выставки состояла из 50 различных мероприятий. Ключевым стало совещание координационного совета Минпромторга России по развитию металлургического комплекса, участие в котором приняли руководители металлургических компаний, отраслевых объединений и институтов. Представители металлургического бизнеса и власти договорились создать «дорожные карты» по наиболее острым вопросам, среди которых - защита внутреннего рынка от недобросовестной конкуренции и поддержка металлургов на внешних рынках в условиях ВТО. Минпромторг России провел также заседание рабочей группы по реализации Межотраслевой программы работ по освоению новых видов и улучшению качества металлопродукции для автомобилестроения на период до 2015 г. Российский союз поставщиков металлопродукции организовал встречу производителей и переработчиков алюминия. Многие компании также приняли участие в таких мероприятиях осенней Недели металлов, как «Российский рынок металлов», «Цинк — защита от коррозии», «Металлургия и грузоперевозки», «Металлургснаб - актуальные проблемы снабжения в горно-металлургическом комплексе», «Современные технологии в области производства и обработки цветных металлов» и во многих других семинарах, круглых столах и презентациях по всем сегментам металлургического бизнеса.

В этом году в рамках «Металл-Экспо» в третий раз прошла торжественная церемония вручения награды «Главное событие 2013 г. в металлургии России», призванной поддержать и максимально популяризировать инновационные проекты отрасли. Лауреатами признаны четыре проекта:

- НЛМК - за электрометаллургический завод «НЛМК-Калуга» (объем инвестиций - 38 млрд. руб.);
- МЕЧЕЛ - за универсальный рельсобалочный стан на Челябинском металлургическом комбинате мощность до 1,1 млн.т/год (23 млрд. руб.);
- ТМК - за реализацию инвестиционной программы по техническому перевооружению сталеплавильно-прокатного комплекса на Таганрогском металлургическом заводе (32 млрд.руб.);
- УГМК - за строительство нового металлургического завода в г.Тюмень производительностью 550 тыс.т сортового проката в год (23 млрд.руб.).

В ходе «Металл-Экспо'2013» целый ряд компаний награждены золотыми и серебряными медалями выставки «Металл-Экспо`2013» за разработки и внедрение в эксплуатацию оборудования и технологий, отвечающих современному техническому уровню, молодым ученым присуждены денежные гранты. Кадровые вопросы становятся все острее и острее, поэтому Металл-Экспо выступает еще и площадкой привлечения молодежи в реальный сектор промышленности, ежегодно организуя слет студентов и аспирантов профильных вузов «Будущее закладывается сегодня». Подведены также итоги конкурсов «Мисс металлургия», на лучшую видеопродукцию «Metal-Vision» и на лучшее корпоративное СМИ, на лучшие решения применения стали и алюминия в строительстве». «Металл-Экспо'2013» дала возможность привлечь новый научно-промышленный потенциал в российскую промышленность.

Главный редактор журнала «Маркшейдерский вестник» Капитонов С.И. на презентации журнала и его издателя – ОАО «Гипроцветмет»

ФГУП «Институт» ГИНЦВЕТМЕТ», с 2013 г. объединившийся с ОАО «Гипроцветмет», был награжден золотой медалью за разработку комплексной технологии получения медно-никелевой продукции путем экстракционного извлечения и воздействия серы из отходящих металлургических газов на концентраты и шлаки Норильского ГМК.

Впервые на выставке «Металл Экспо» была вручена золотая медаль «За большой личный вклад в развитие и популяризацию российской цветной металлургии» Андрею Владимировичу Тарасову, заслуженному деятелю науки, дважды лауреату премии Правительства России, профессору, доктору технических наук, открыв новую номинацию наград выдающимся ученым.

На выставке ОАО «Гипроцветмет» провел презентацию двух издаваемых институтом журналов: «Маркшейдерский вестник» и «Цветная металлургия» (гл.редактор Тарасов А.В.), которые были отмечены почетными дипломами (см.стр.69).

Большинство участников выставки высоко оценили эффективность своего участия в форуме и выразили желание участвовать в 20-й, юбилейной выставке «Металл-Экспо'2014». Участники этого ежегодного события отметили: обмен прогнозами развития ситуации на рынке и налаживание стратегических контактов прошли успешно и эффективно, что поможет повысить конкурентоспособность, оптимизировать работу компаний и снизить издержки, разработать модели сбалансированного развития бизнеса. В ходе встреч и переговоров были установлены новые партнерские отношения, эффект от которых будет сказываться на протяжении всего следующего года.

Оргкомитет «Металл-Экспо`2013»

Для справки:

Выставка «Металл-Экспо» является членом Всемирной Ассоциации Выставочной Индустрии (UFI) и Российского Союза выставок и ярмарок (РСВЯ), проходит ежегодный независимый выставочный аудит. Выставка проводится при поддержке Министерства промышленности и торговли РФ, Правительства Москвы, РСПП, ТПП РФ, Российского Союза Поставщиков Металлопродукции, Международного союза производителей металлургического оборудования (Металлургмаш), Ассоциации строителей России, Российского союза строителей, Союза машиностроителей России.

МЕТАЛЛ ЭКСПО
ufi
Approved Event
19-я Международная
промышленная выставка
МЕТАЛЛ
ЭКСПО'2013
Диплом
НАГРАЖДАЕТСЯ
ЖУРНАЛ
«МАРКШЕЙДЕРСКИЙ ВЕСТНИК»
за высокопрофессиональную
организацию продвижения продукции и услуг
на международной промышленной выставке
«Металл-Экспо`2013»
Сопредседатели Оргкомитета «Металл-Экспо'2013»:
Директор Департамента
базовых отраслей промышленности
Минпромторговли России
В.В. Семенов
Президент
Российского союза поставщиков
металлопродукции
А.Г. Романов
12-15 ноября 2013
Москва, ВВЦ, пав. 69, 75