

Министерство образования и науки  
Национальный горный университет  
Факультет строительства  
Кафедра строительства и геомеханики



**80 ЛЕТ**  
**КАФЕДРЕ**  
**СТРОИТЕЛЬСТВА**  
**И ГЕОМЕХАНИКИ**

4-я Международная научно-практическая конференция  
молодых ученых, аспирантов и студентов

**«ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ  
ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА»**

**МАТЕРИАЛЫ  
КОНФЕРЕНЦИИ**

Украина, Днепропетровск  
22-23 апреля 2010 года



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**



## **ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА**

### **МАТЕРИАЛЫ**

**4-Й МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ, АСПИРАНТОВ И  
СТУДЕНТОВ**

22 – 23 АПРЕЛЯ 2010 г.

КОНФЕРЕНЦИЯ ПРИУРОЧЕНА К 80-ЛЕТИЮ КАФЕДРЫ  
СТРОИТЕЛЬСТВА И ГЕОМЕХАНИКИ  
НАЦИОНАЛЬНОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Днепропетровск 2010

УДК 622.012.002.2; 622.268.13

П26

П26        **Перспективи** освоєння підземного простору: Матеріали 4-ї Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. – Д.: Національний гірничий університет, 2010. – 107 с. – Рос. мовою.

Наведено результати наукових досліджень молодих учених, аспірантів і студентів у різних напрямках освоєння підземного простору, що були подані на секції 4-ї Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів “Перспективи освоєння підземного простору”. Конференція проводиться в рамках діяльності Науково-освітнього центру підземної урбаністики Національного гірничого університету (Україна) та Московського державного гірничого університету (Росія).

Матеріали збірника призначені для наукових працівників, аспірантів та студентів старших курсів вищих навчальних закладів України.

ISBN 978-966-350-209-0

Редакційна колегія: О.М. Шашенко, д-р техн. наук, проф., проректор з міжнародних зв'язків, завідувач кафедри будівництва і геомеханіки; А.М. Роєнко, д-р техн. наук, проф., проф. кафедри будівництва і геомеханіки; О.В. Солодянкін, д-р техн. наук, доц., доц. кафедри будівництва і геомеханіки; С.М. Гапєєв, канд. техн. наук, доц., докторант кафедри будівництва і геомеханіки; В.В. Коваленко, канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва і геомеханіки.

Відповідальний за випуск С.М. Гапєєв, кандидат технічних наук, доцент, докторант кафедри будівництва і геомеханіки.

УДК 622.012.002.2; 622.268.13

ISBN 978-966-350-209-0

© Національний гірничий університет, 2010

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>А.Н. Шашенко, А.В. Солодянкин.</i> 80 лет кафедре строительства и геомеханики Национального горного университета.....	5
<i>Б.А. Картозия.</i> Освоение подземного пространства – глобальная проблема науки, производства и высшего горного образования (Тридцать лет спустя).....	12
<i>С.В. Борщевский, Е.В. Прокопенко.</i> Построение пространственной модели участков ярусов породного отвала с использованием программного пакета SURFER.....	27
<i>В.А. Дмитриенко, П.И. Лукошко, Н.Н. Хмара.</i> Совершенствование технологии строительства устья и технологического отхода вентиляционного ствола.....	32
<i>О.Р. Гавриш.</i> Основные факторы, определяющие современные способы организации комплексного освоения подземного пространства.....	34
<i>С.А. Масленников, Д.И. Шинкарь.</i> Крепление вертикальных стволов в сложных горно-геологических условиях на современном этапе развития шахтного строительства.....	36
<i>О.В. Солодянкин, О.В. Халимендик.</i> Перспективы вдосконалення конструкцій жорсткого монолітного бетонного кріплення з податливим шаром для капітальних гірничих виробок з тривалим строком служби проведених в складних гірничо-геологічних умовах...	41
<i>А.О. Новиков, С.Ю. Гладкий, И.Н. Шестопалов, Е.А. Навка.</i> О деформировании кровли в монтажных ходках с анкерным креплением.....	46
<i>О.И. Рублева.</i> Конструкция шпурового заряда ВВ для управления действием взрыва на обуренный массив.....	50
<i>В.А. Будишевский, Е.М. Арефьев, Н.В. Хищенко.</i> Математическое моделирование процесса взаимодействия виброочистителя с конвейерной лентой.....	53
<i>С.П. Минеев, А.С. Лукьяненко, Ю.В. Волык.</i> Повышение эффективности вдавливания свай с помощью вибрационного воздействия.....	56

<i>В.А. Дмитриенко, Г.Г. Бадалян.</i> Исследование механических свойств грунтов на различных глубинах.....	59
<i>В.Г. Шевченко.</i> Методичні рекомендації з визначення готовності гірника і ланки трудового колективу до високопродуктивної та безпечної роботи.....	63
<i>К.В. Кравченко.</i> Обоснование параметров рамно-анкерной крепи протяженных горных выработок с учетом закономерностей деформирования системы «крепь – массив».....	68
<i>С.Н. Стовпник, М.А. Сницарь.</i> Тоннель проходческий механизированный комплекс.....	72
<i>С.В. Борщевский, Т. И. Ланская, Е. Е. Головнева.</i> Создание искусственных целиков путем формирования закладочных массивов в отработанных камерах гипсовых шахт.....	75
<i>В.И. Соколовский, С.В. Борщевский, В.В. Гончаренко.</i> К вопросу о геомеханике разрушения и укрепления пород вокруг наклонных стволов.....	78
<i>Д.В. Бровко, В.В. Хворост.</i> Динамика транспортных галерей в условиях перехода на облегченные ограждающие конструкции.....	81
<i>Д.М. Логунов.</i> Обоснование параметров подземного термального комплекса.....	85
<i>С.Н. Стовпник, Л.В. Денисова.</i> Микротоннелирование – современный метод бестраншейной прокладки подземных коммуникаций.....	89
<i>А.В. Солодянкин, О.А. Солодянкина, А.Н. Кузнецова.</i> Актуальные задачи обеспечения устойчивости выработок при пересечении зон геологических нарушений.....	93
<i>А.В. Солодянкин., К.А. Горлова.</i> К решению проблемы городской транспортной инфраструктуры.....	98
<i>А.В. Солодянкин, Е.В. Андронович.</i> Разработка расчетной схемы для исследования взаимного влияния фундаментов проектируемого и существующего зданий.....	102

УДК 622.25/15:539.2/15

Шашенко А.Н., д.т.н., проф., зав. каф. СГМ, Солодянкин А.В., д.т.н., доц., каф., СГМ, НГУ, г.Днепропетровск, Украина

## 80 ЛЕТ КАФЕДРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ГЕОМЕХАНИКИ НАЦИОНАЛЬНОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Начало подготовки горных инженеров-строителей, образование и становление кафедры шахтного строительства в НГУ приходится на конец 20-х – начало 30-х гг. XX столетия. Развернувшаяся в этот период в СССР индустриализация предусматривала масштабное строительство и реконструкцию шахт и рудников в Донбассе, Кривом Роге. На востоке страны создавалась угольно-металлургическая база «Урал-Кузбасс». Проектировалось строительство Московского метрополитена. Поэтому на горном факультете в марте 1928 г. была начата подготовка горных инженеров-строителей, а **1 октября 1930 г.** образована кафедра «**Проходка шахт**», заведовать которой был назначен профессор И.С. Новосильцев. До начала войны кафедрой заведовали также доценты Г.П. Верескунов (1931-1933) и П.Я. Каменный (1933-1934), проф. Ф.А. Белаенко (с 1935).



Уже в первых учебных программах главными принципами подготовки шахтостроителей являлись хорошая фундаментальная (общинженерная) и глубокая специализированная подготовка, универсальность и обязательная практическая подготовка на горных предприятиях основных строек страны. Регулярным становится практика командирования студентов-

шахтостроителей на скоростное строительство шахт в Караганду, Донбасс и др.

В числе выпускников первых лет подготовлен ряд руководителей высокого ранга, таких как И.Ф. Стребков – заведующий горными работами и заместитель главного инженера проходки Гришинского управления новыми шахтами (г. Доброполье), заведующий шахты им. Губкина (Курская обл.), ассистент кафедры; А.И. Манида – аспирант и ассистент кафедры, Сталинский стипендиат, после



войны – главный инженер треста Средазшахтострой; А.Н. Щербань – доктор технических наук, заведующий отделом Института технической теплофизики, академик, вице-президент Академии наук УССР, Лауреат Государственной премии СССР, С.Н. Волощук – генеральный директор СГАО «Висмут», Герой Социалистического Труда, кавалер трех орденов Ленина, Лауреат нескольких Государственных премий и др.

Значительны достижения кафедры и в научной деятельности. Под руководством Ф.А. Белаенко развиваются такие направления, как изучение свойств горных пород, исследование напряженно-деформированного состояния массива вокруг протяженных и очистных выработок в шахтных условиях, аналитические и лабораторные методы моделирования геомеханических процессов, изучение давления горных пород вокруг вертикального ствола.



*Караганда. Здание горного техникума, где возобновил свою работу Днепрпетровский горный институт в 1943 г.*

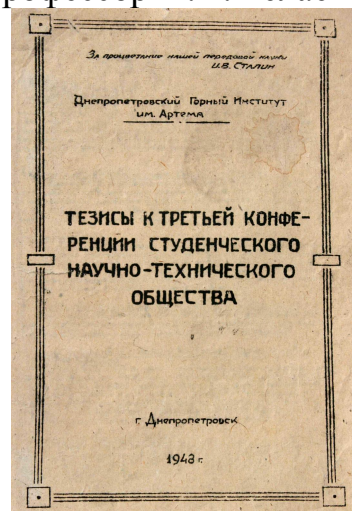
В годы Великой Отечественной войны подготовка шахтостроителей продолжается в эвакуации в Караганде. Кафедрой в этот период заведует доцент И.С. Маршак.

В послевоенный период потребность в шахтостроителях для горной промышленности была чрезвычайно велика. Одновременно со стационарной формой обучения, шахтостроителей готовят

на высших инженерных курсах. В период 1944-1964 гг. кафедрой заведовали доценты Г.П. Верескунов, И.С. Маршак, Ю.М. Кожушко, профессор Ф.А. Белаенко.



*Сбор студентов группы ГС-44 на восстановительные работы в городе. Сентябрь 1947 г.*



*Сборник тезисов 3-й студенческой конференции. 1948 г.*



Основные научные работы кафедры в послевоенный период связаны с восстановлением и развитием Донецкого, Криворожского и Никополь-Марганецкого бассейнов. В 1950-х гг. на кафедре формируется два основных направления научных исследований: одно связано с изучением физики взрывного разрушения, второе – с изучением природы пучения горных пород и устойчивости горных выработок.



*А.П. Максимов. Западный Донбасс. 1967 г.*

директор института «Днепрогипрошахт», начальник управления Минуглепрома СССР, Полак Э.В. - заместитель министра по каппростройству Минуглепрома СССР, Полтавец В.И. - министр угольной промышленности Украины, директор института «Луганскгипрошахт», Лауреат Государственной премии Украины, Кучерский Н.И. - Председатель правления Навойского ГК, Глава концерна «Кызылкумредметзолото», дважды Лауреат Государственной премии СССР, Заслуженный инженер Республики Узбекистан, Герой Узбекистана, Рева В.Н. – директор ВНИМИ, академик РФ, Заслуженный изобретатель РФ и многие другие. Стали докторами наук, профессорами Н.Я. Биличенко, А.И. Лазорин, М.Ф. Друкованный, В.М. Комир, В.Т. Глушко и др.

С 1965 г. кафедрой стал заведовать профессор А.П. Максимов. После укрупнения кафедра получила название **«Строительства шахт и подземных сооружений»**.

Качеству учебного процесса уделялось огромное внимание. Учитывая специфику работы горных инженеров - строителей, на кафедре с 50-х гг. были сосредоточены все основные профилирующие курсы, в т.ч. и цикл строительных дисциплин. Высокая сознательность студентов 50-70-х годов, дисциплина, серьезное отношение к качеству обучения позволили готовить специалистов высокого класса, занявших впоследствии ключевые посты в горнодобывающей отрасли и шахтном строительстве: Стрельцов Е.В. -



*Заведующий кафедрой проф. А.П. Максимов и доц. С.Н. Рева представляют главные разработки кафедры периода 70-х гг.*



*Доцент Алферов А.С., старший научный сотрудник Рева С.Н. и ассистент Шашенко А.Н.  
1976 год.*

Практики студентов в этот период проводятся на ведущих предприятиях Западного и Центрального Донбасса. Особо необходимо отметить огромный вклад как ученых и аспирантов кафедры, так и студентов при строительстве шахт Западного Донбасса.

Научные исследования связаны с изучением деформаций массива при горных разработках в сложных горно-геологических условиях, совершенствованием технологии крепления капитальных и подготовительных выработок, совершенствованием взрывной технологии добычи строительного камня. Объектами исследований являются шахты Центрального Донбасса, Львовско-Волынского бассейна, строящиеся шахты Западного Донбасса

С 1990 года кафедрой **строительства и геомеханики** заведует д.т.н., профессор А.Н. Шашенко. В эти годы проделана огромная работа в учебно-методическом плане. Сегодня специальность «Шахтное и подземное строительство», имеет три специализации: строительство и реконструкция горных предприятий; городское подземное строительство; строительство автодорог и тоннелей, и три уровня подготовки - бакалавр, специалист и магистр – по дневной и заочной форме обучения.

Расширился перечень баз практик: к традиционным горнодобывающим добавились корпорации «Укртоннельстрой», «Киевметрострой», «Харьковметрострой» и др. Программы подготовки также совершенствуются. В дополнение к базовой подготовке – требования современного рынка – владение компьютерной техникой, знания экономики, управления и иностранных языков, что позволяет выпускникам легко адаптироваться к специфике современных предприятий. Учитывая специфику современного строительства, опираясь на богатый опыт подготовки шахтостроителей, с 2006 года кафедра начала подготовку инженеров по специальности «Промышленное и гражданское строительство».

За все время существования кафедра не получала рекламаций на своих выпускников. По мнению самих выпускников, они получают достаточную теоретическую и практическую подготовку для работы, что позволяет им реализовывать свои возможности.

На современном этапе получили дальнейшее развитие вопросы геомеханики, повышения устойчивости выработок шахт в условиях глубоких горизонтов шахт, численные методы моделирования.



*Учебно-производственная практика студентов ГС-07-1,2*

Важные результаты и достижения получены в области физики и химии взаимодействия дискретных структур с физическими полями, а также физики динамического давления, структурных и фазовых превращений в твердом теле. Более 20 лет проводятся исследования в области зондирования сложноструктурного породного массива. Разработаны метод и аппаратура акустического контроля



*Студенты специальности ПГС на практике. Торгово-развлекательный комплекс «Кудашевский».*

выбросоопасности угольных пластов. Среди актуальных направлений научно-исследовательских работ: создание системы автоматизированного мониторинга подземного пространства, применение нанотехнологий при создании конструкционных материалов для подземного строительства, использование высоких температур горных пород на глубоких горизонтах шахт.

За последние 20 лет на кафедре было защищено: сотрудниками кафедры – 14 кандидатских и 4 доктор-

ских диссертации. Соискателями кафедры, защитившими кандидатские и докторские диссертации в последние годы были – министр угольной промышленности, Герой Украины Тулуб С.Б., министр транспорта Украины В.П. Пустовойтенко, руководители горнодобывающих предприятий и объединений.



*Участники 3-й конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Перспективы освоения подземного пространства». 2009 год.*



*Аспирант К. Кравченко. Фрайберг. Январь 2010 год.*



*Подготовка образцов горных пород для испытаний в лаборатории Фрайбергской горной академии*

Сегодня на кафедре работает 8 докторов и 17 кандидатов наук, докторант и 7 аспирантов. Весь состав кафедры составляет 50 человек.



*Кафедра строительства и геомеханики – 2007 год.*

За прошедшие 80 лет сотрудниками кафедры подготовлено более 2400 горных инженеров-строителей, опубликовано более 2000 научных трудов, получено более 120 авторских свидетельств и патентов, сделано 5 открытий, издано 75 монографий и 45 учебников.

За высокие достижения и огромный вклад в области подземного строительства и геомеханики, она признана не только в Украине, но и за рубежом.

В 2009 году Национальному горному университету присвоен статус автономного исследовательского вуза. Главными составляющими успешной и эффективной работы университета на новом этапе являются высокий уровень научно-исследовательской деятельности, развитие актуальных направлений в науке и технике, создание научных коллективов с широким участием в них



студентов и аспирантов и многие другие. Кафедра строительства и геомеханики в настоящее время отвечает всем необходимым критериям автономного исследовательского университета и в состоянии решать задачи любой сложности, как в подготовке специалистов высокого класса, так и в решении актуальных проблем в области геомеханики, подземного, промышленного и гражданского строительства.

УДК 622.14.04

*Картозия Б.А., Действительный член РАЕН, МГИ*

## **ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА - ГЛОБАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА НАУКИ, ПРОИЗВОДСТВА И ВЫСШЕГО ГОРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ (Тридцать лет спустя)**

Словосочетание ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА появилось в отечественной научно - технической литературе в середине 70-х годов и прочно утвердилось в 80-х. В этот период российскими учеными Г.Е. Голубевым, Е.В. Петренко, Т.Ф. Швецовым, А.П. Старицыным, М.М. Паперновым, А.Ф. Зильбербордом, И.П. Спектором, Б.А. Картозия, В.А. Букринским и др. были опубликованы первые работы по проблеме освоения подземного пространства, в широком ее понимании.

Исключительно важную роль в этом вопросе сыграла научная конференция по проблемам освоения подземного пространства, организованная в 1991 г. Московским горным институтом совместно с Российской академией естественных наук и Тоннельной ассоциацией России, на которой был обобщен опыт комплексного использования подземного пространства России и сформулированы основные научные задачи. В конференции с докладами, сообщениями и выступлениями приняли участие ученые страны, связанные с изучением этой проблемы в разных отраслях экономики: О.А. Алимов, А.Г. Беляев, Н.П. Ваучский, С.Н. Власов, Г.Е. Голубев, Н.В. Дмитриев, Д.Р. Каплунов, Б.А. Картозия, Е.А. Котенко, О.Д. Кедровский, В.А. Копцов, В.В. Лукшин, Л.В. Маковский, О.Н. Макаров, Г.А. Марков, Н.Н. Мельников, В.Е. Меркин, П.Е. Мильман, И.Д. Насонов, М.М. Папернов, Е.В. Петренко, Л.А. Пучков, В.И. Ресин, В.В. Ржевский, А.А. Сегетдинов, В.Н. Скуба, В.И. Смирнов, А.П. Старицын, К.Н. Трубецкой, С.А. Чесноков, Е.И. Шемякин, И.П. Шепелев и многие другие.

Ниже приведен перечень официальных (заказных) докладов сделанных на конференции, который характеризует достаточно широкий охват рассматриваемых проблем.

1. Основные направления и перспективы использования подземного пространства - Е. И. Шемякин, Б. А. Картозия, В.Н. Скуба.
2. Зарубежный опыт освоения подземного пространства - О.Д. Алимов.
3. Подземные горнопромышленные комплексы и концепция повторного использования выработанного пространства в народнохозяйственных целях - В.В. Кармазин, А.И. Коваленко, Е. В. Петренко.
4. Проблемы транспортного тоннелестроения - О.Н. Макаров, С.Н. Власов, В.А. Бессолов.
5. Подземные атомные станции – Н.Н. Мельников.
6. Особенности проектирования, строительства и эксплуатации городских

подземных сооружений - И.Д. Насонов, Н.П. Шепелев.

7. Основные задачи ГО в использовании подземных сооружений при конверсии. - В.В. Лукшин.
8. Создание тепловых коллекторов в недрах Земли - В.В. Ржевский.
9. Захоронение вредных веществ в подземном пространстве - О.Д. Кедровский.
10. Состояние и перспективы создания подземных гидроэнергетических комплексов - Н.В. Дмитриев, В.Д. Новоженин.
11. Нефтяные и газовые подземные хранилища - В.И. Смирнов, С.Н. Бузинов, Н.Б. Мелкумова.
12. Использование естественных полостей недр - И.А. Печеркин, В.Н. Дублинский, В.Н. Андрейчук.
13. Подземные агропромышленные комплексы - П.Е. Мильман.
14. Подземные здравоохранительные комплексы - В.А. Концов, Л.А. Серебряный.
15. Проблемы использования выработанного пространства рудников для размещения гидротехнических объектов - Г.А. Марков, Г.М. Бабаянц, С.А. Чесноков, И. А. Парабучев, Б.Н. Фельдман.

Конференция, как показало время, дала мощный импульс началу широких исследований, направленных на решение указанной проблемы. Придавая большое значение решению сформулированных на конференции научных направлений, Российская Академия Наук (Отделение геологии, геофизики, геохимии и горных наук) создала Научный совет по освоению подземного пространства, который возглавил академик Е.И.Шемякин, а в 1997 году утвердила новую Классификацию горных наук. Впервые в ее состав была введена новая горная наука Строительная геотехнология [1], которая является научной базой для решения проблемы «Освоения подземного пространства».

С 1997 года в рамках ежегодного форума «Неделя горняка» в Московском государственном горном университете работает секция «Строительная геотехнология. Научно-технические проблемы освоения подземного пространства».

В 1998 году в Санкт-Петербурге состоялся крупный международный симпозиум ученых и специалистов в области освоения подземного пространства городов. С 2004 года в Москве проводится Международный научно-производственный форум-выставка «Подземный город», на котором ежегодно обобщается отечественный и зарубежный опыт строительства комплексов городских подземных сооружений. В этих выставках постоянно представлены такие ведущие российские и зарубежные компании: ГУП «Мосинжпроект», ОАО «Мосинжстрой», НПО «Космос» и др., институт «Каналстройпроект», ОАО «Бамтоннельстрой», ОАО «Супр», Херренкнехт А.Г. Ловат, Бауэр технология.

Ко всему вышесказанному следует добавить, что российские строители за последние два десятилетия добились очень серьезных успехов в практическом

решении этой проблемы. Построены подземные объекты мирового технического уровня: Северо-Муйский тоннель БАМ, ТРК «Охотный ряд», Лефортовский тоннель, Серебряноборские тоннели, крупнообъемный подземный комплекс Курского вокзала, многочисленные подземные нефтегазохранилища, гаражи и автостоянки. Успешно внедряется уникальная горнопроходческая техника фирм «Херренкнехт» и «Ловат». Получают широкое внедрение бестраншейные способы прокладки коммуникаций (микротоннелирование, проколы, продавливание). Весьма интересным представляется опыт применения стволопроходческого комплекса «Херренкнехт VSM-7700/5500» в Санкт-Петербурге.

*С сожалением приходится констатировать, что наши наиболее значимые успехи в подземном строительстве достигнуты, как правило, с использованием зарубежной техники. Причины такого состояния глубоко проанализированы в статье нашего ведущего специалиста В.П.Самойлова в журнале «Технологии мира», №5, 2009 г.*

Глобализация производства, в сфере подземного строительства, понимаемая как интеграция, сближение взглядов и подходов, выработка общего понимания основных принципов решения проблем, выход за рамки складывавшихся десятилетиями отраслевых и ведомственных интересов. Этот процесс сопровождается переходом от достаточно узко специализированных организаций к многопрофильным. Период, когда интересы строителей ограничивались либо строительством метро, либо коллекторных тоннелей, либо оснований и фундаментов уходит в прошлое.

Сейчас горностроительные организации значительно расширили свой профиль и в состоянии строить не только подземные объекты различного функционального назначения, но и вести реставрацию наземных сооружений. Об этом наглядно свидетельствуют составы участников различных тендеров, проводимых московским правительством. Так, например, на счету ведущей горнопроходческой организации «ОАО ГПП-1» восстановление и реконструкция Московского Манежа и Царицынского дворца.

Появляются интересные научно-практические инвестиционные разработки. И здесь, в первую очередь, необходимо отметить работу, выполненную большим коллективом ученых, специалистов-строителей, конструкторов и проектировщиков из России и Германии под руководством Московского государственного горного университета [2]. Речь идет о создании сборной высокоточной железобетонной обделки нового технического уровня (ОНТУ).

Коллекторные обделки нового технического уровня – это обделки, разработанные на основе комплексного учета функциональных, технических, экологических и экономических требований основанных на результатах фундаментальных научных исследований в области механики подземных сооружений, строительных материалов, экологии, экономики и обеспечивающих достижение таких технико-экономических показателей при



строительстве и эксплуатации тоннелей, которые по своему уровню значительно превосходят все прежние аналоги и недостижимы при традиционных подходах к совершенствованию конструкций.

К числу требований, которым должны отвечать ОНТУ относятся:

- **Функциональные:** обеспечивающие соответствие конструкции назначению тоннеля;
- **Технические:** - *конструктивные* – обеспечивающие формирование в элементах конструкции наиболее благоприятного напряженно-деформированного состояния (высокоточная геометрическая форма, конструкции стыков), герметичность, ремонтпригодность.
  - *прочностные* - обеспечивающие требуемую несущую способность (строительные материалы добавки и т.п.);
  - *деформационные* - обеспечивающие деформирование конструкции в допустимых пределах;
  - *эксплуатационные* - обеспечивающие надежность, долговечность;
- **Экологические** - обеспечивающие безопасность процессов взаимовлияния в системе «обделка-массив горных пород»;
- **Экономические** – позволяющие снизить эксплуатационные и расходы.

В настоящее время этой обделкой успешно закреплено 11 км. коммуникационного коллектора в г. Москве.

Представляет большой интерес исследования ученых «ЗАО Триада Холдинг», разработавших «конформативную» технологию продления жизненного цикла эксплуатируемых конструкций подземных сооружений. Основопологающим принципом этой новой технологии является обеспечение максимальной физико-химической и технологической совместимости используемых ремонтных материалов и технологий с теми, что были первоначально использованы при строительстве данного сооружения.

Еще одним знаменательным событием последних лет явилось инициирование руководством градостроительного комплекса г. Москвы работ по созданию нового поколения нормативных документов для подземного строительства. Создание нормативной базы для проектирования различных объектов экономики в нашей стране - дело не новое. На этой базе, основой которой всегда были Строительные нормы и правила (СНиПы) с их многочисленными «Приложениями», «Руководствами», «Инструкциями», по существу, построены все объекты народного хозяйства в доперестроечный период, да и сейчас они используются в той или иной мере. К сожалению, в последующие годы работа над созданием централизованной базы проектирования ослабла, в то время как произошли коренные изменения в экономической политике хозяйствования, отношении к собственности и в целом к идеологии планирования и организации строительства. Нормативная база, за редким исключением, отстает от реалий сегодняшней жизни.

В этой связи постановления Правительства Москвы «Концепция освоения подземного пространства и основные направления развития подземной урбанизации города Москвы» и «О мерах формирования нормативной базы градостроительного и технического проектирования для строительства подземных сооружений капитального строительства в г. Москве», являются настоящим прорывом в многолетних усилиях ученых, проектировщиков и производственников, связанных с решением этой глобальной научно-технической проблемы. И хотя первый вариант «Концепции» пока еще не имеет достаточно глубокого и всестороннего научного обоснования, и, несомненно, должен и будет совершенствоваться, сам факт ее появления это событие, символизирующее окончательное признание властными структурами важности рассматриваемой нами проблемы для мегаполисов.

В последнее время в средствах массовых инфораций в адрес подземных строителей нередко слышатся негативные отклики по поводу аварийных ситуаций, возникающих при строительстве отдельных (точечных) подземных объектов: это и просадки фундаментов жилых домов, глубокие трещины в несущих конструкциях, провалы на проезжих частях городских магистралей и, даже, курьезные нарушения конструкций тоннелей метрополитенов неглубокого заложения. Анализ этих случаев показывает, что главными причинами такого положения как раз и является отсутствие современных технических регламентов, а в отдельных случаях и совершенно недостаточная квалификация исполнителей, не имеющих опыта ведения горных работ. Примером этого может служить начальный этап строительства подземной части Большого театра.

*Уместно будет напомнить, что исключительное право ведения подземных горных работ государственные органы надзора предоставляют инженерам со специальной подготовкой - горным инженерам.*

Вместе с тем, приходится констатировать, что до сих пор практически отсутствуют фундаментальные научные разработки, рассматривающие проблему освоения подземного пространства во всем ее многообразии. Многочисленные литературные источники по данному вопросу посвящены, в основном, изучению мирового опыта по практическому освоению подземного пространства, анализу техники и технологий подземного строительства, организации работ. Пожалуй, единственной фундаментальной работой, в которой сделана попытка научно обосновать составляющие этой проблемы (экономическую целесообразность, объемно-планировочные решения, вопросы дневного освещения, вентиляции и т.п.) является монография Д. Кармоди и Р.Стерлинга [3].

За 30 лет по тематике напрямую связанной с освоением подземного пространства защищено всего четыре докторских и одна кандидатская диссертация ( 2 по техническим наукам и 3 по экономическим), а ведь именно в диссертационных работах обычно содержатся столь необходимые научные обобщения.

Требуют дальнейшего развития и некоторые методологические вопросы Строительной геотехнологии, как базовой науки для решения указанной проблемы. Так, например, до сих пор нет однозначного понимания базового термина «Подземное пространство». Несмотря на то, что вопросы терминологии неоднократно освещались автором в работах [4,5,8], считаю необходимым вернуться к этому вопросу еще раз.

Начнем с определения «НЕДРА ЗЕМЛИ». В развитии экономики России важнейшую роль играет освоение природных ресурсов и в частности недр Земли. В широком смысле понятие «недра» включает земную кору, мантию земли и ее ядро от поверхности до центра земного шара. В более узком понимании недра – это часть земной коры, практически осваиваемая человеком. Иными словами, недра государства это часть земной коры ограниченная сверху земной поверхностью, государственными границами по периметру и глубиной заложения подземных объектов. Соответственно, если речь идет о недрах городских территорий, то границей по периметру будет граница между городом и областью.

*Вопрос о пространственном положении государственных границ в недрах Земли в правовом аспекте, рассмотрен в работе д.ю.н. А.В. Лагуткина [6].*

Потребностями человеческого общества, уровнем его научно-технических и экономических возможностей определяются глубина проникновения в недра и масштабы их освоения.

Следовательно, ОСВОЕНИЕ НЕДР ЗЕМЛИ – это область человеческой деятельности, связанная с изучением и практическим использованием земной коры в интересах создания требуемого уровня жизнеобеспечения общества.

Под практическим использованием земной коры в данном случае следует понимать освоение всех видов заключенных в ней ресурсов.

РЕСУРСЫ НЕДР (от французского *ressource* – ценности, запасы, возможности), или ГЕОРЕСУРСЫ, представляют собой компоненты природы, которые на данном уровне развития производительных сил используются или могут быть использованы в качестве средств производства и предметов потребления.

К георесурсам в настоящее время относят месторождения твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых; отвалы уже добытых забалансовых полезных ископаемых и горных пород от проходки вскрывающих выработок, в которых содержатся полезные ископаемые; отходы переработки обогатительного и металлургического производства; подземные гидроресурсы, включающие пресные минеральные и термальные воды; внутреннее тепло недр земли.

Особое место в классификации георесурсов занимают природные и техногенные полости в недрах земли. К ним относятся пещеры, карсты, горные выработки, пригодные для повторного использования после исчерпания своих

основных функций, а также специально создаваемые подземные полости для размещения в них сооружений различного функционального назначения.

С этих позиций отдельные участки земной коры, потенциально пригодные для размещения в них промышленных, хозяйственных и других объектов, с полным основанием рассматриваются как специфический георесурс, получивший название «ПОДЗЕМНОЕ ПРОСТРАНСТВО».

Если в рассматриваемом объеме массива пород уже имеется природная или техногенная полость, то это подземное пространство годится для использования после соответствующего приспособления. Если это объем массива горных пород, содержащий различные виды полезных ископаемых (георесурсов) - уголь, руда, каменная соль и т.п., то подземное пространство составят техногенные полости (горные выработки) построенные для их извлечения. И, наконец, если этот массив горных пород по своим свойствам, с учетом технических и экономических возможностей пригоден для размещения в нем объекта экономики, то он также может быть включен в понятие подземное пространство.

Исходя из вышесказанного, можно предложить следующую формулировку общего определения подземного пространства.

**ПОДЗЕМНОЕ ПРОСТРАНСТВО** – это природные пустоты, техногенные полости, и объемы массива горных пород, потенциально пригодные для строительства подземных сооружений различного функционального назначения.

**Природные пустоты** – полости в массиве горных пород, образовавшиеся в результате различных геологических процессов. Это могут быть пещеры и карсты, заполненные воздухом или водой.

**Техногенные полости** - горные выработки заданной формы и размеров.

**Подземные сооружения** – горные выработки или их комплексы, обустроенные в соответствии с функциональным назначением подземного объекта.

Теперь обратимся к термину **ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА**. Словари определяют слово «освоение» через глагол «освоить» - «усвоить, постичь что-либо, вполне овладеть чем-либо, включить в круг своей хозяйственной деятельности». В нашем контексте это звучит как - овладеть георесурсами и, в частности, поставить «подземное пространство», на службу экономике с целью жизнеобеспечения человеческого общества.

Следует иметь в виду, что Освоение подземного пространства - это **ГЛОБАЛЬНАЯ** научно-техническая проблема и поскольку подземное пространство в данной постановке рассматривается, в том числе, и как среда пребывания человека, эта проблема превращается в комплексную, решение которой невозможно без использования самого широкого круга технических, экономических, биологических, экологических, правовых и многих других знаний.

Здесь следует сделать одно важное замечание. Данная проблема имеет некоторые специфические особенности в двух отличных друг от друга областях: связанной и не связанной с подземной добычей минеральных ресурсов. Эти особенности касаются методологии и стратегии освоения. Применительно к освоению подземного пространства городов даже используется собственный термин - ПОДЗЕМНАЯ УРБАНИСТИКА (Подземное градостроительство), которая по определению Г.Е. Голубева [7] является областью архитектуры и градостроительства, связанной с комплексным использованием подземного пространства городов и других населённых пунктов.

В свою очередь, эта ГЛОБАЛЬНАЯ проблема, включает в себя целый ряд отдельных КРУПНЫХ проблем, таких как создание подземных производственных предприятий по добыче полезных ископаемых, объектов энергетики, обороны, транспортных и инженерных коммуникаций, подземных торговых сетей, производств, объектов сферы социальных услуг и т.п.

Все эти крупные проблемы в большей или меньшей степени АКТУАЛЬНЫ на определенных временных отрезках. Например, в конце двадцатых - начале тридцатых годов прошлого века в связи с индустриализацией страны была большая потребность в угле, поэтому в период 1929-1933 года одновременно в строительстве находилось более 300 шахт. Сейчас их строятся единицы. Или пример из наших дней - транспортная проблема в мегаполисах и, в частности, в Москве. Да, она существует и она актуальна! Но это всего лишь дело времени и финансовых возможностей: если есть средства, стройте новые дороги, развязки, стоянки, парковки и т.п. Мировой опыт показывает, что уровень современных технологий позволяет делать это без особых технических затруднений. Если средств нет – ищите другие решения: например, возьмите их у автовладельцев, либо ограничьте частный автомобильный транспорт, именно в нем причины всей проблемы. Иными словами, актуальность транспортной проблемы в лучшем случае определяет приоритеты в инвестициях на данном временном этапе, а не приоритетность тех или иных подземных сооружений.

Наряду с этим есть проблемы, актуальность которых не является функцией времени. Такой проблемой, к примеру, для мегаполиса является создание долговечных, экологически безопасных сетей городских коммуникационных сооружений, являющихся артериями первостепенной значимости в жизнеобеспечении города.

В терминологическом отношении Освоение подземного пространства – область науки и производства, связанная с использованием природных и техногенных полостей для размещения в них различных жизнеобеспечивающих объектов экономики.

Как уже отмечалось потребности человеческого общества, уровень его научно-технического развития и экономическая целесообразность определяют

глубину проникновения в недра и, следовательно, масштабы их освоения, в том числе и подземного пространства, как одного из видов георесурсов.

*В зарубежной терминологии чаще применяется термин «использование подземного пространства». Однако, представляется, что «освоение» (создание подземного объекта) - это первичная фаза, а использование созданного подземного объекта, то есть его эксплуатация – вторичная.*

Освоение подземного пространства как одного из георесурсов недр имеет существенную особенность. Извлечение твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых истощает недра земли, и, следовательно, снижает их ценность. Напротив, освоение подземного пространства не только сохраняет ценность недр, но и увеличивает ее, в том числе, за счет возможности повторного использования в новом качестве. Например, горная выработка отработанной шахты преобразуется в подземное хранилище, а оно, в случае необходимости, в объект гражданской обороны и т.д. Таким образом, освоение подземного пространства наглядно иллюстрирует одно из положений современной национальной концепции освоения недр, при котором они (недра) рассматриваются как «сохраняемый комплексный ресурс жизнедеятельности, источник появления новых георесурсов, постоянно обновляемых возможностью использования в новом полезном качестве» [8].

Для освоения подземного пространства могут использоваться различные методы: приспособление природных полостей, строительство специальных подземных сооружений и, наконец, реконструкция существующих объектов для использования их в новом качестве (повторное использование).

Под методом освоения в данном случае понимается принципиальный подход к решению технической задачи, обобщающий различные способы достижения поставленной цели. Например, проведение выработок по неустойчивым водоносным породам осуществляется методом их предварительного упрочнения, а способы этого упрочнения могут быть различными: замораживание, цементация, химическое закрепление и т.п.

Приспособление природной полости для размещения в ней подземного объекта состоит в доведении ее формы и размеров до проектных величин и последующем обустройстве в соответствии с функциональным назначением объекта, техническими, экономическими и другими требованиями.

Строительство подземного сооружения включает проведение горных выработок и их последующее обустройство в соответствии с функциональным назначением подземного объекта.

Обустройство природных и техногенных полостей состоит в выполнении строительных и монтажных работ по обеспечению функциональных, технических, экономических и других требований, заданных по условиям эксплуатации подземного объекта.

Реконструкция подземного сооружения при освоении подземного пространства состоит в его переустройстве (перестройке) с целью повышения

эффективности действующего объекта или повторного использования в новом качестве.

Производственная деятельность, включающая обустройство природных полостей, строительство и реконструкцию подземных сооружений различного назначения с целью рационального использования георесурсов, получила название шахтное и подземное строительство.

Формирование научного и инженерного мировоззрения на ту или иную проблему и, в данном случае, на проблему освоения подземного пространства не возможно без соответствующей фундаментальной базы. Однако на сегодняшний день она еще находится в стадии становления. Поэтому единственной надежной основой для выработки некоторых основополагающих принципов, методов и способов решения этой проблемы может служить практический опыт.

Обобщение многолетнего мирового опыта по освоению подземного пространства, позволяет автору дать субъективную формулировку некоторых положений (постулатов), то есть утверждений, принимаемых без доказательства. Не претендуя на их окончательный вариант как по составу в целом, так и по содержанию каждого в отдельности, считаю, что наличие таких постулатов должно обеспечить единство научной общественности в подходе к пониманию проблемы.

1. Освоение недр Земли - объективная необходимость, связанная с изучением и практическим использованием земной коры в интересах создания требуемого уровня жизнеобеспечения современного цивилизованного общества.
2. Освоение подземного пространства недр – неотъемлемая составная часть глобальной проблемы освоения недр Земли. В широком смысле этого понятия она включает в себя, совокупность отдельных крупных научных проблем решаемых самыми различными науками – геологией, архитектурой, строительной геотехнологией, теплофизикой, акустикой, медициной и др.
3. «Строительная геотехнология» - базовая горная наука для практического решения проблемы освоения подземного пространства.
4. Добыча твердых, жидких и газообразных полезных ископаемых истощает недра земли, снижая их ценность.
5. Освоение подземного пространства не только сохраняет ценность недр, но и увеличивает ее, в том числе, за счет возможности повторного использования в новом качестве
6. Бессистемное строительство сооружений в подземном пространстве городов – мегаполисов, основанное на точечной застройке, наносит непоправимый вред окружающей среде.
7. Планомерное, комплексное использование городского подземного пространства обеспечивает эффективное развитие городской инфраструктуры мегаполисов.

8. Концепция освоения подземного пространства мегаполисов должна иметь соответствующую методологию, стратегию и аргументировано отвечать на следующие основополагающие вопросы: что, сколько и в какой очередности строить в подземном пространстве; где строить и где не строить; как строить; как эксплуатировать подземные объекты,

9. Одним из основных принципов, заложенных в проектирование и строительство подземных объектов должен быть принцип минимизации ущерба от последствий возможных рисков.

Освоение подземного пространства должно иметь свою МЕТОДОЛОГИЮ и СТРАТЕГИЮ.

МЕТОДОЛОГИЯ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА - это научно-обоснованная система принципов и методов деятельности по формированию подземной инфраструктуры недр.

Важное замечание: применительно к городам, а тем более к мегаполисам, освоение подземного пространства, должно носить комплексный характер, и рассматриваться не как разовое строительство отдельных, пусть даже уникальных подземных сооружений, а в тесной увязке с общим развитием городских территорий. Только при таком подходе «Генеральный план развития» может обеспечить рациональное и эффективное развитие городской инфраструктуры.

СТРАТЕГИЮ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА следует рассматривать как способ действий для достижения поставленной цели, основанный на долгосрочном планировании в соответствии с принятой методологией.

С учетом вышесказанного, считаю своевременным заострить очень важный, на мой взгляд, вопрос о некоторых особенностях подготовки инженерных кадров, призванных обеспечить практическое решение рассматриваемой нами проблемы.

Подземных строителей готовили и готовят не только в горных вузах, а также в строительных и транспортных, однако, историческая заслуга основателя отечественной научно-педагогической школы шахтостроителей проф. Н.М.Покровского и его коллег состоит в том, что они впервые воплотили в жизнь новую парадигму подготовки подземных строителей. Отказавшись в 1953 году от отраслевого и ведомственного принципа при формировании учебного плана, они положили в его основу единый методологический подход, рассматривающий любое проникновение в недра земли как горные работы. Такой подход позволяет создать прочный общеобразовательный фундамент инженерной подготовки, а потребности различных отраслей производства удовлетворять за счет специализаций.

Функционально обособленными объектами профессиональной деятельности специалистов по специальности 130406 «Шахтное и подземное строительство» являются: угольные шахты, рудники, карьеры, подземные сооружения различного функционального назначения: тоннели, метрополитены, хранилища, ГЭС и АЭС, городские подземные инженерные



сооружения и другие объекты, связанные с освоением подземного пространства и выполнением сопутствующих общестроительных работ на поверхности Земли. Перечисленные объекты профессиональной деятельности характеризуются сложными и опасными условиями производства работ, связанными с нахождением в замкнутом подземном пространстве, возможностью внезапных проявлений природного происхождения (горные удары, выбросы газа и пород, подземные пожары, прорывы плавучих пород, воды и т.п.). Кроме того, при освоении подземного пространства в крупных городах в условиях плотной городской застройки требуются «ювелирные» методы ведения горностроительных работ во избежание различных техногенных аварий с окружающими строениями и подземными коммуникациями.

Руководство сложными и опасными горно-технологическими процессами, каковыми являются буровзрывные работы, транспорт горных пород, крепление горных выработок, высочайшая степень ответственности за безопасность труда подземного персонала, требуют особого подхода к формированию специалиста-горняка, при котором независимо от вида деятельности и занимаемой должности он должен обладать не только большим объемом технических и организационных компетенций, чем специалист, работающий на поверхности Земли, но и особыми психологическими навыками поведения в подземных условиях, позволяющими в экстремальных случаях принимать единственно правильное решение, основанное на квалифицированном прогнозе реальных последствий от его принятия и готовности нести всю полноту ответственности.

Дипломированные специалисты по специальности 130406 "Шахтное и подземное строительство" должны быть подготовлены к выполнению на должностях горных инженеров – технических руководителей горными и взрывными работами, определяемых "Дополнениями к отраслевым тарифным соглашениям".

Горный инженер носит приставку «горный» не просто как определяющую его отраслевую принадлежность, а потому, что государственными органами надзора ему выдается исключительное право ведения горных работ, сопряженных с высокой степенью риска для его жизни и жизни тех, кем он руководит, что требует получения особых компетенций.

Вышесказанное исключает возможность дробления его подготовки на более низкий и высокий уровень образования. Этот уровень должен быть максимально высоким.

Представляется, что все затронутые нами вопросы, наряду с компетенциями горного инженера-строителя, установленными Государственными образовательными стандартами (ГОС) нового поколения, должны стать обязательной составной частью его инженерного мировоззрения.

В данном контексте, ИНЖЕНЕРНОЕ МИРОВОЗЗРЕНИЕ понимается как система обобщённых устойчивых взглядов на проблему «Освоение подземного

пространства», место, занимаемое в ней горным инженером-строителем, а также обусловленные этими взглядами убеждения, нормы поведения и деятельности. Инженерное мировоззрение формируется на основе, фундаментальных и прикладных технических знаний, а также практического опыта, в том числе, личного.

Термин ИНЖЕНЕРНОЕ следует понимать исходя из самого определения понятия инженер (*франц. ingénieur, от лат. ingenium — способность, изобретательность*) — специалист с высшим техническим образованием и с учетом его основной профессиональной задачи, связанной с разработкой новых, в том числе, инновационных решений, а также оптимизацией существующих.

ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ученых и инженеров состоит в трансформации научно - технических достижений и опыта в новый или усовершенствованный технологический процесс, используемый при комплексном освоении недр или продукт, внедренный на рынке сбыта.

Эта деятельность многогранна и включает такие этапы как:

- проектирование, создание концепции производства;
- организация производства, включая переподготовку персонала;
- маркетинг: приобретение передовых технологий, оборудования, ноу-хау и т.п.

**Конечным результатом** инновационной деятельности является получение нового технологического процесса, используемого при освоении недр или новое качество продукта, реализуемого на рынке сбыта (услуг).

**Инновационное техническое решение** – это перспективное научное достижение, воплощенное в технический проект, прошедший промышленную апробацию и обладающий конкурентоспособными качествами на рынке сбыта.

К сожалению, в высшей горной школе до сегодняшнего дня такой подход развит недостаточно, о чем свидетельствует отсутствие в учебных планах и программах дисциплин, направленно способствующих формированию инженерного мировоззрения студентов-горняков строительной специальности на их основную профессиональную проблему Освоение подземного пространства.

С этой целью в Московском государственном горном университете в 2008 году разработан экспериментальный курс «Основы освоения подземного пространства», который в течение двух лет проходит опытную апробацию в качестве «дисциплины по выбору» для студентов специальности 130406 «Шахтное и подземное строительство» и слушателей Института освоения подземного пространства при МГГУ. Данная дисциплина в определенном смысле носит философский оттенок, а ее изложение требует особого методического подхода. В частности, это касается визуальных методов ее сопровождения. Поэтому в дополнение к изданному «Конспекту лекций» [9] мультимедийное приложение, включающее иллюстративные презентации. В настоящее время, с учетом положительных результатов двухлетней апробации, завершается разработка полномасштабного мультимедийного курса «Основы

освоения подземного пространства», первого для горных инженеров-строителей.

Этот мультимедийный курс представляет собой - комбинированное издание-комплект, включающее:

- рабочую программу по дисциплине «Основы освоения подземного пространства»;
- брошюру с текстами лекций;
- электронный учебник - навигатор;
- методические указания по изучению курса;
- иллюстрационное приложение на компакт - дисках (презентации, видеофильмы);
- справочное приложение на компакт - дисках (журнальные и энциклопедические статьи);
- тетрадь с контрольные вопросы по разделам дисциплины;
- тетрадь для самостоятельной работы

Упомянутый учебник - навигатор представляет собой электронную версию обычного учебника (учебного пособия) со встроенной информационной базой, что позволяет управлять процессом изучения материала курса в соответствии с учебной программой, в объеме и последовательности, обеспечивающими наилучший результат по его усвоению. В этом контексте принятый термин «навигатор» обозначает, что данный вид учебника не только обеспечивает учащегося необходимыми знаниям, но и помогает выбрать правильный порядок (маршрут) их получения. В отличие от традиционных учебных изданий на бумажных носителях мультимедийный курс раскрывает перед обучающимся широкие возможности для самостоятельной работы. Он, по существу, одновременно является самоучителем, библиотекой наглядных пособий к изучаемому курсу, консультантом при его изучении, хрестоматией, рабочей тетрадью, энциклопедией, инструментом для творческой деятельности, позволяет создавать рефераты, конспекты, доклады, презентации и т.д. Предусмотрено изучение курса на трех уровнях: ознакомительном, базовом (на уровне основной профессиональной образовательной программы по специальности 130406 «Шахтное и подземное строительство»), и высоком, т.е. на уровне обучения в аспирантуре по научной специальности 25.00.22 «Геотехнология (строительная)».

Мультимедийный учебник может быть использован как на занятиях в аудитории, оборудованной компьютерами, так и в домашних условиях. Достаточно высокая степень мультимедийности курса призвана: обеспечить устойчивый интерес к учебе; создать при обучении эффект эмоционального "погружения" в предмет; обеспечить хорошее запоминание учебного материала через образное восприятие и эмоциональное воздействие. Передача информации через крупные, преимущественно объемные графические образы, презентации и видеофильмы делает мультимедийный курс существенно более

эргономичным по сравнению с традиционным, работа с которыми основана только на чтении текста.

Опыт известных уже апробированных мультимедийных изданий, например, по курсу «История России XX век», показывает, что такой учебник нельзя "прочитать по диагонали", "пролистать", не вникая в суть дела. Благодаря встроенным в курс «Тетради с контрольными вопросами по разделам» для самопроверки и «Тетради для самостоятельной работы», преподаватель имеет возможность постоянно контролировать ход изучения курса, и, при необходимости, корректировать индивидуальный учебный процесс. Предлагаемый курс полезен для проведения промежуточных и итоговых семестровых аттестаций. Особую роль, по мнению авторов, он должен сыграть при подготовке специалистов по заочной форме обучения, в условиях, когда студент большую часть времени оторван от активных занятий в ВУЗе. Представляется, что мультимедийная учебная литература в ближайшем будущем займут прочное место в системе подготовки горных инженеров.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Картозия Б.А. Строительная геотехнология как составная часть горных наук и ее роль в решении проблемы освоения подземного пространства, Горный информационно – аналитический бюллетень МГГУ, Выпуск 9 – 13 1993 г.
2. Левченко А.Н, Храменков С.В., Валиев А.Г., Пахомов А.В., Федунец Б.И. Опыт строительства канализационного тоннеля без вторичной обделки («рубашки») с применением железобетонных блоков с полимерной футеровкой, Метро и тоннели, №6, 2009.
3. J.Carmody, R.Sterling. Underground space design. Coopiright by V.N.Reinhold, New York, 1993, Library of Congress Catalog Card Number 92-33460 ISBN 0442- 01383-3.
4. Картозия Б.А. Терминологические вопросы строительной геотехнологии, ГИАБ МГГУ, N 5, 1997 г.
5. Картозия Б.А. Научное обеспечение подземного строительства, Специальный совместный выпуск журналов Метро и Подземное пространство мира, Информационно-издательский центр «ТИМР», №1,2000.
6. Лагуткин А.В. Государственная граница в недрах М., Вестник РАЕН,2007,т.7, № 14.
7. Голубев Г.Е. Подземная урбанистика. – М., Стройиздат, 1979.
8. Горные науки. Освоение и сохранение недр Земли. – М., Изд-во АГН, 1997.
9. Картозия Б.А. Основы освоения подземного пространства,-М, Отдел печати МГГУ, 2009.

УДК 622.85

*Борщевский С.В., Прокопенко Е.В.*

## **ПОСТРОЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДЕЛИ УЧАСТКОВ ЯРУСОВ ПОРОДНОГО ОТВАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА SURFER**

Анализ современного уровня и тенденций развития технологии отвалообразования позволяет сделать вывод о зависимости решения проблемы от разработки комплекса технических мероприятий, направленных на формирование породных отвалов. На угольных шахтах предусмотрены проектные решения по формированию породных отвалов.

Технология формирования породного отвала предусмотрена с выполнением мероприятий по предупреждению самовозгорания отвальной массы. Формирование отвала осуществляется фронтальным способом по схеме 1-А-2б в соответствии с "Руководством по предупреждению самовозгорания, тушению, разборке и рекультивации породных отвалов угольных шахт и обогатительных фабрик" КД 12.09.0801 – 99 (Минтопэнерго Украины 2004г.).

Порода, выдаваемая из шахты скиповым стволом, аккумулируется в приемных бункерах скипового ствола емкостью 100т. После загрузки в автосамосвалы вывозится на породный отвал к месту складирования и формируется ярусами.

Данная технология формирования породного отвала предусматривает проектное наращивание отдельного яруса в случае, если предусмотрены все технологические мероприятия. Но при отсыпке пород на отвал не всегда эти условия выполняются. Это связано с тем, что породы в отвал отсыпались в различных соотношениях литологических разностей, которые определить или прогнозировать достаточно сложно [1].

При исследовании и моделировании отдельного участка породного отвала важной задачей является построение пространственной модели отвала, которая позволит решать многие задачи, например количество вмещающих пород, химический состав пород и т.д. [2].

Авторами предложена методика построения отдельного яруса породного отвала для каждого периода времени, когда происходила отсыпка пород на отвал, с использованием программного обеспечения Surfer[3].

Для построения пространственной модели отдельного участка яруса породного отвала достаточно иметь набор точек, находящихся на поверхности отвала с определенными координатами X, Y, Z.

Поверхность каждого яруса в определенный период времени можно графически представить в двух видах: карты изолиний или трехмерного изображения поверхности.

Исходные данные для построения данных поверхностей получают в результате выполнения маркшейдерской съемки породных отвалов, которая выполняется в определенный период времени.

На рис.1 приведены графики построения трехмерного изображения одного и того породного отвала ш. Щегловская-Глубокая (ш/у Донбасс) в течение некоторого периода работы шахты.

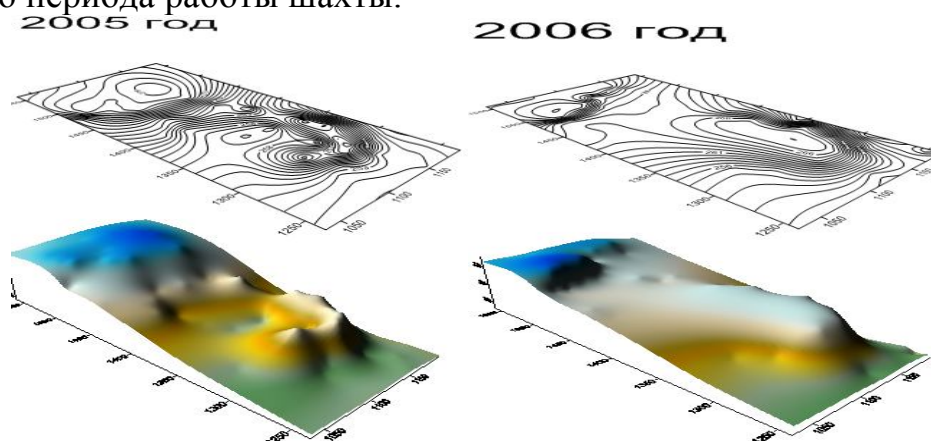


Рис.1. Изменение формы участков породного отвала за определенный период времени

При построении различных участков ярусов можно вычислить разность площадей между отдельными слоями ярусов. На рис.2. построена поверхностная модель, показывающая сглаживание поверхностей двух участков ярусов с использованием сплайн-методов.

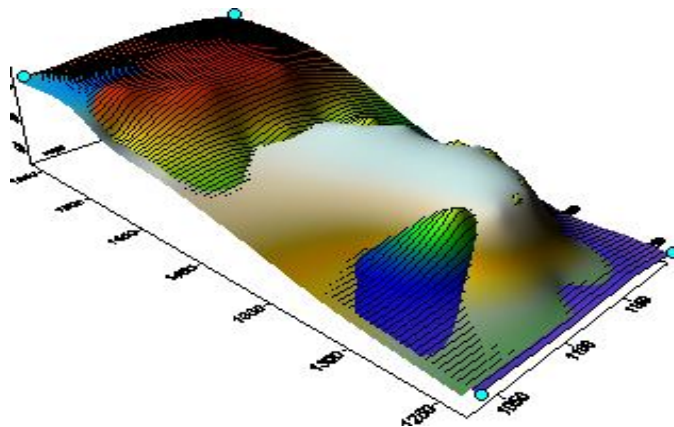


Рис.2. Сглаживание поверхностей двух участков ярусов породного отвала

Выше приведенные рисунки показывают применение программного обеспечения SURFER для построения трехмерного пространства отдельных ярусов породного отвала. Кроме трехмерного изображения, используя различные методы интерполяции, можно проводить исследования по управлению отсыпки отвала на отдельном участке каждого яруса [4]. На рис.3 показано применение различных методов интерполяции для построения одного и того же участка яруса. Для уточнения полученного результата, т.е., для оценки точности построения авторами разработана методика определения погрешности в построении данной модели.

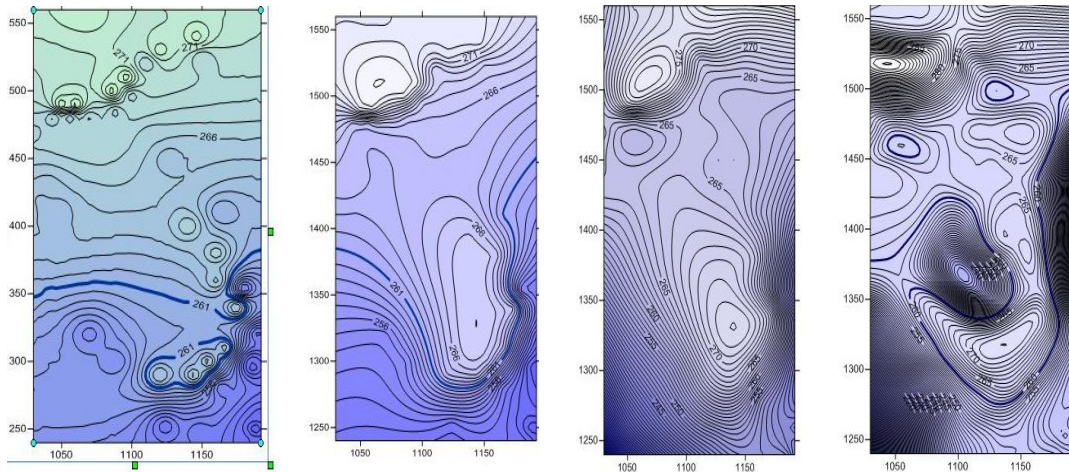


Рис.3. Изменение карты изолиний одной поверхности с использованием различных методов интерполяции

При построении трехмерной модели отдельного яруса, используя поперечные разрезы поверхности этих ярусов, можно осуществлять прогноз отсыпки породы на отвал. На рис.4 приведены поперечные разрезы в различных точках поверхности отдельного яруса отвала.

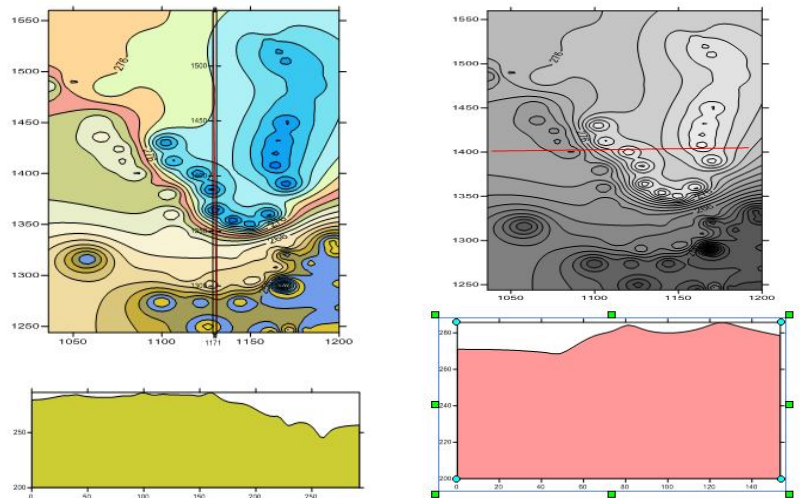


Рис.4. Поперечные продольные разрезы поверхности отдельного яруса отвала.

Таким образом, в результате построения трехмерной и двумерной модели ярусов породного отвала за определенный период времени можно получить пространственную модель данного отвала. На основе данной модели можно решить следующие задачи:

1. Произвести прогнозную оценку отсыпки отвала на отдельном участке яруса.
2. Сделать анализ отсыпки пород с учетом построения продольных и поперечных профилей.
3. Разработать методику насыпки пород с учетом погрешности построения с использованием программного обеспечения SURFER.

Для рационального использования породного отвала в целях экологической безопасности, а также дальнейшей его рекультивации предлагается создание динамической модели породного отвала. Посредством данной модели появляется возможность проанализировать породный отвал, эксплуатация которого уже закончилась, т.е. показать, как изменялась поверхность породного отвала во время его эксплуатации, а также составить проект формирования породного отвала для новых разработок полезных месторождений.

В качестве примера рассмотрим построение поверхности породного отвала на основе данных ш. Щегловская-Глубокая (ш/у Донбасс). Этапы построения модели состоят в следующем:

1. Намечаются периоды формирования отвала (период отработки пластов, период отработки горизонтов, когда на породный отвал отсыпались конкретные породы).
2. Для каждого отработанного пласта проводится анализ планов горных выработок с геологической съемкой по выработкам, используя маркшейдерские данные по замерам горных выработок.
3. Проводится маркшейдерская съемка поверхности породного отвала за определенный период времени (рис.4).
4. Для каждого периода времени определяется объем и состав пород, которые отсыпались в отвал, и строится модель поверхности отвала (рис.5).
5. Группируются необходимые периоды, и строится динамическая модель породного отвала с учетом фактора времени.

Применительно к полученной информации в результате обработки данных по породным отвалам изучаемой шахты, возникла необходимость систематизировать эти данные, создав единую базу, а зная стратиграфическую характеристику отдельного пласта, можно составить зависимость влияния пород, входящих в пласт, от их химических и физических свойств.

На рисунках 6-8 представлены таблицы различных модулей, характеризующие базы данных в пределах одной шахты. Данные таблицы разработаны в системе управления базами данных Microsoft Access.

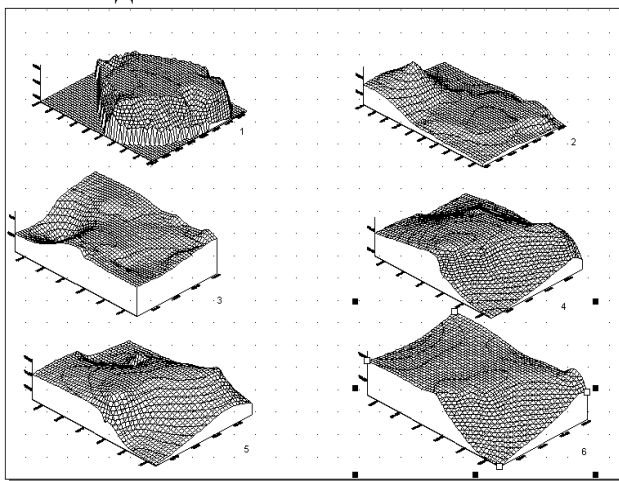


Рис. 4. Изменение формы породного отвала ш. Щегловская-Глубокая (ш/у Донбасс) за определенный период времени



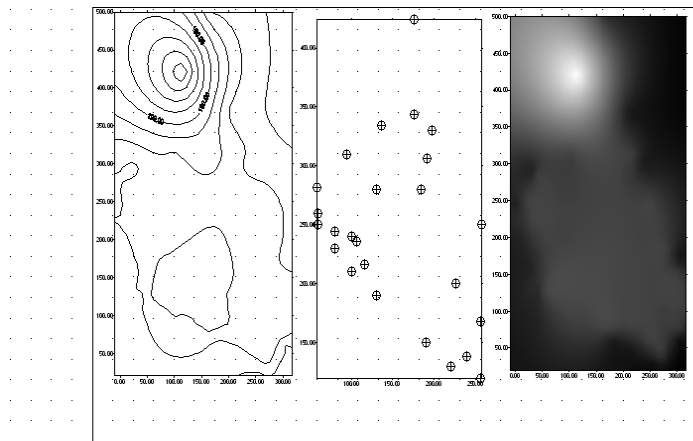


Рис. 5. Построение поверхности породного отвала на определенном этапе маркшейдерской съемки в различных ракурсах

Таким образом, методологический подход позволит получить пространственную модель породного отвала с оценкой содержания вредных и полезных компонентов угля.

	Код отвала	Наименование	Код шахты
▶ +	2	Отвал1_1	1
+	3	Отвал1_2	1
+	4	Отвал2_1	2
+	5	Отвал2_2	2
*	(Счетчик)		0

Рис.6. Окно таблицы для выбора отвала

	Код яруса	Наименование	Год	Высота	Ширина	Объем	Код отвала	Код пласта
▶	2	ярус1_1	2005	10	200	2000	2	1
	3	ярус1_2	2006	20	100	2000	2	1
	4	ярус1_3	2007	50	50	2500	2	2
*	(Счетчик)		0	0	0	0	0	0

Рис.7. Окно таблицы по параметрам отдельного яруса отвала

	Код пласта	Наименование		
▶ -	1	пласт1_к2		
			Код_п	Известняк
			1	3
			(Счетчик)	0
+	2	пласт1_к3		
+	3	пласт1_к5		
+	4	пласт2		
*	(Счетчик)			

Рис.8. Окно таблицы геологической характеристики по пласту

Используя гранулометрический состав пород, входящих в породный отвал, можно получить характеристику данного отвала с целью улучшения экологической обстановки в регионе и вовлечение в производство легкодоступного минерального сырья.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Прокопенко Е.В., Живогляд А.В. Разработка геоинформационной системы формирования породных отвалов // Сучасні технології маркшейдерського забезпечення раціонального і безпечного ведення гірничих робіт. Збірник наукових праць. - Донецьк: ДонНТУ, 2002.
2. Прокопенко Е.В., Борщевский С.В. Разработка динамической модели породных отвалов, УКРНИМИ, 2009
3. А. Колесов, О. Павлова. Пакет Surfer-обработка и визуализация двумерных функций // "КомпьютерПресс" №2, 1999 (компакт-диск).
4. Штагер О. А. Проблеми раціонального використання земельних ресурсів Донецької області. / Штагер О. А. // Вісті Донецького гірничого інституту. - №1, 2009.

УДК 622.253.(06)

*Дмитриенко В.А., к.т.н., Лукошко П.И., студ. Хмара Н.Н. студ., ШИ(ф)ЮРГТУ (НПИ), г. Шахты*

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА УСТЬЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОТХОДА ВЕНТИЛЯЦИОННОГО СТВОЛА

Развитие курортной зоны в преддверии Олимпийских игр 2014 года имеет очень важное значение для престижа страны. Специфика расположения Черноморского побережья Краснодарского края предопределило необходимость дальнейшего развития транспортной системы территории, которая до настоящего времени является «узким местом» инфраструктуры Большого Сочи. В свою очередь это обстоятельство обусловило строительство и реконструкцию нескольких трасс автомобильных дорог по более высоким стандартам, связывающих районы перспективного развития с городом Сочи. То есть можно отметить, что объемы подземного строительства в регионе в ближайшие годы будут сохраняться. В связи с этим исследования в области ресурсосберегающих технологий строительства подземных сооружений не утратят своей актуальности.

Согласно принятой схеме вентиляции автодорожного тоннеля в обход г. Сочи, генеральным проектом предусмотрено сооружение двух вертикальных вентиляционных стволов № 7 и № 8. Ствол № 8 диаметром в свету 5,5 м и глубиной 126,8 м, сооружается в толще переслаивания известковистых аргиллитов, мергелей и песчаников, относящихся к трещиноватым малопрочным и среднепрочным породам с коэффициентом крепости  $f=1,5 - 2$ . В интервале глубин 28 — 36 м породы разделены тектонической зоной, сопровождающей пологий надвиг. В зоне надвига породы сильнотрещиноватые и раздробленные. Коэффициент крепости  $f=0.8-1.5$ , мощность наносов  $m_H = 9$  м. Подземные воды зале-

гают с глубины 4-6 м. Гидростатическое давление достигает 1,2 МПа при прогнозируемом притоке до  $3\text{ м}^3/\text{час}$ .

В наносных и неустойчивых скальных породах предусмотрена последовательная схема строительства вентиляционного ствола № 8. Крепление ствола осуществляется монолитной бетонной крепью толщиной 0,4 м кругового очертания. С шагом 10,0 метров предусмотрено возведение монолитных, бетонных, опорных венцов.

Анализируя проектные решения проходки устья и технологического отхода ствола в неустойчивых сильновыветрелых породах, можно отметить, что применение последовательной технологической схемы с возведением временной крепи связано с отсутствием требуемого сцепления постоянной монолитной бетонной крепи с грунтовым массивом. Поэтому постоянная крепь возводится «снизу-вверх» после проходки участка ствола и устройства опорного венца в устойчивых породах с применением инвентарной опалубки и переносных полков. Столь сложная многоэтапная технология требует значительных финансовых и трудовых затрат, а последовательное выполнение строительных процессов приводит к увеличению сроков строительства.

Учитывая недостатки последовательной технологической схемы, разработаны мероприятия по повышению эффективности горностроительных работ при проходке стволов в неустойчивых породах. Суть предложений заключается в устройстве опорных венцов небольших размеров в каждой заходке быстротвердеющим бетоном с использованием секционной подвесной опалубки и совмещенной технологической схемы. Обоснование предлагаемых решений осуществлялось путем определения напряжений в бетоне на основе взаимодействия крепи с массивом пород и учета концентрации напряжений под опорными венцами.

Анализируя современные исследования в области быстротвердеющих бетонов, в том числе и выполняемых на кафедре ППГС и СМ ШИ (ф) ЮРГТУ (НПИ) [1], можно отметить, что уже через 9 – 12 часов прочность бетона на срез и на сжатие превышает напряжения в крепи с учетом концентрации в опорной зоне венца. Сравнение прочностных характеристик твердеющего бетона и напряжений, позволило выбрать оптимальные параметры организации работ, то есть при величине заходки 2 м и продолжительности цикла 24 часа можно обеспечить нормативные сроки строительства ствола.

Таким образом, исключая необходимость применения временной крепи, а также сложных и трудоемких работ по возведению монолитной бетонной крепи «снизу-вверх» в инвентарной опалубке с устройством и разборкой переносных полков, можно существенно повысить технико-экономические показатели проходческих работ.

На основании расчетов сметных затрат и графиков организации работ по проектным и предлагаемым технологическим решениям, только при проходке устья ствола, можно сократить затраты труда на 62%, сметную стоимость на 19,4 %, а срок строительства в 1,6 раза.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дмитриенко В.А., Бауэр М.А. Выбор эффективных параметров крепления с использованием высокопрочных композиционных материалов для строительства подземных сооружений в сложных горно-геологических условиях// Горный информационно-аналитический бюллетень.- 2008-№11.-с.279-286.

УДК 622.831

*Гавриш О.Р., асс., НГУ, г. Днепрпетровск, Украина*

### **ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ОРГАНИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА**

Освоение подземного пространства мегаполисов стало важнейшей частью нашей цивилизации и культуры. Глубина освоения устойчиво перешагнула отметку 100 м. Крайне усложнились методы организации освоения подземного пространства и способы подземного строительства. Успех строительства подземных сооружений нового поколения зависит уже не только от нетрадиционных проектных решений, но и в значительной степени от технических и организационных возможностей строителей и заказчиков, а также от схем инвестирования строительства и наличия средств.

В данном аспекте большое значение имеет повышение инвестиционной привлекательности подземных объектов. Одним из путей решения этой задачи является комплексное, заранее спланированное освоение подземного пространства, то есть последовательное, рациональное объединение в единую инфраструктуру подземных сооружений различного назначения. Комплексное использование подземного пространства в больших городах позволяет связать сооружения метрополитена с многофункциональными подземными и наземными объектами в единую систему жизнеобеспечения.

Главная цель подземной урбанистики состоит в обеспечении оптимальных условий труда, быта, отдыха и передвижения городского населения, увеличения площади открытых озелененных пространств на поверхности, формирования здоровой, удобной и эстетически привлекательной городской среды.

Объектами изучения строительной геотехнологии являются подземные сооружения горнодобывающих предприятий и энергетических комплексов, транспортные, гидротехнические, коммунальные тоннели, метрополитены, инженерные сооружения в подземном пространстве городов и другие подземные сооружения различного назначения.

Растущий интерес к освоению подземного пространства в значительной мере обусловлен положительными качествами подземных сооружений. Использование подземного пространства для размещения объектов различного назначения, помимо повышения эффективности использования недр и экономии территории, позволяет существенно уменьшить затраты энергии на отопление и охлаждение помещений, сократить эксплуатационные расходы по сравнению с альтернативными объектами на поверхности, резко снизить влияние внешних климатических условий на внутреннюю среду помещений и др. Подземные объекты надежно защищены от прямого воздействия климатических факторов (температурных условий наружного воздуха, солнечной радиации, осадков, ветров, тайфунов, смерчей, экстремальных нагрузок и т. д.) [1].

Расширение практики использования подземного пространства для хозяйственных целей в значительной мере связано с процессом урбанизации, защитой окружающей среды от отрицательных воздействий транспортных инженерных систем и потенциально опасных производств, а также с целью сохранения энергии и захоронения вредных отходов ряда отраслей промышленности.

Особого внимания заслуживают подземные объекты для целей водоснабжения, хранения нефти, нефтепродуктов и различных видов горючего газа.

В современных условиях перспективным является строительство подземных атомных электрических станций как одного из направлений развития энергетики и обеспечения безопасности ядерной энергии.

Основой освоения подземного пространства является принцип использования недр и их сохранения как видоизменяемого ресурса. Этот принцип предполагает, что извлечение того или иного ресурса недр необходимо планировать с учетом возможности создания условий возникновения иных ресурсов, использование которых позволит не только компенсировать первоначальные затраты, но и получить дополнительный хозяйственный, экономический или социальный эффект [2, 3].

В связи с этим параметры проектируемых объектов, технологий их строительства и эксплуатации выбираются с учетом этого принципа при обеспечении экологического равновесия окружающей среды.

Для того чтобы рационально решать поставленную задачу необходимо использовать такой подход, который позволяет полнее и многограннее обосновать приоритеты в освоении подземного пространства, а именно:

- тенденции урбанизации;
- проектирование подземных сооружений;
- механика подземных сооружений;
- обоснование технологии строительства, реконструкции и восстановления подземных горных выработок;
- управление состоянием породного массива.

Из выше сказанного становится понятным, что успешное освоение подземного пространства предполагает использование системных представлений о

взаимосвязанности природных и техногенных процессов, динамических характеристик геологических структур земли, закономерностях проявлений различных физических полей, достижениях в технологиях подземного строительства и т.п.

**Выводы.** Освоение подземного пространства стало условием жизни и развития городов. Наивысшие достижения архитектуры в освоении подземного пространства воплощены в подземных сооружениях нового поколения, в том числе в многоуровневых и многофункциональных комплексах.

Комплексное освоение подземного пространства крупных городов осуществляется на основе применения различных архитектурных, объемно-планировочных и конструктивных решений и позволяет рационально использовать наземную территорию, содействует упорядочению транспортного обслуживания населения и повышению безопасности дорожного движения, снижает уличный шум и загрязнение воздуха, способствует повышению уровня жизни людей.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пустовойтенко В.П. Геотехнічне забезпечення підземного будівництва в Україні. – К: Наук. думка, 1999. – 257 с.
2. Расчет несущих элементов подземных сооружений /А.Н. Шашенко, В.П. Пустовойтенко. – К.: Наук. думка, 2001. – 167 с.
3. Организация освоения подземного пространства. Свершения и надежды / А.Н. Левченко, В.Г. Лернер, Е.В. Петренко, И.Е. Петренко; Под ред. акад. АГН Е.В. Петренко: Учеб. Пособие. – М.: Высшая школа, 2002. – 403 с.

УДК 622.28(06)

*Масленников С.А., Шинкарь Д.И.*

#### **КРЕПЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ ШАХТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

Опыт проходки вертикальных стволов на территории РФ последних лет показал востребованность мощных водонепроницаемых и при этом дорогостоящих типов крепи. Например, в условиях калийной, алмазо- и рудодобывающих отраслей монолитная бетонная крепь при строительстве стволов находит ограниченное применение в силу значительного давления со стороны пород и подземных вод, агрессивности последних, больших глубин, длительного срока службы предприятий. В крупнейших проектах последних лет - строительство самого глубокого, на настоящий момент, в РФ и Евразии вентиляционного

ствола (ВС-7) на реконструируемом руднике «Таймырский», пяти стволов на рудниках «Мир» и «Удачный» компании «Алроса», вертикального ствола ш. «Северная Вентиляционная №2» Гайского ГОКа, находящихся на стадии строительства скипового и клетьевого стволов на Гремячинском месторождении калийных солей компании ОАО ЕврОхим, подготовленного к проходке вентиляционного ствола рудника «Скалистый» ГМК Норильский Никель, двух стволов, являющихся частью проекта строительства пятого калийного рудника ОАО «Уралкалий», на Усть-Яйвинском участке Верхнекамского месторождения калийных солей – для крепления стволов на полную глубину или в зоне покрывающих пород используют чугунные тубинги.

Чугунная и чугунно-бетонная крепь обладает рядом существенных недостатков, и отмечаемый рост использования объясняется не столько её фактическими преимуществами, сколько отсутствием других апробированных в России и положительно зарекомендовавших себя в сложных горно-геологических условиях типов крепи. Для поиска перспективных путей решения данной проблемы можно обратиться к опыту западноевропейской горной промышленности. Например, в Германии ограниченность запасов полезных ископаемых и длительная интенсивная эксплуатация имеющихся месторождений уже в середине XX в привели к ведению добычи на значительных глубинах. Так в 1960-м году средняя глубина отработки в каменноугольной промышленности Германии достигла 644 м, а в период с 1990 по 2007 гг. выросла с 960 до 1150 м [1].

Ранее применение чугунных тубингов для крепления стволов в Германии имело широкое распространение. Например, в Рурском каменноугольном бассейне до 10%, а в калийной промышленности до трети всех стволов (по протяженности) закреплены чугунными тубингами [2]. Долгое время крепь из чугунных тубингов рассматривалась вообще как единственный возможный вариант при проведении стволов по искусственно замороженным породам. Такое мнение обосновывалось высокой, по сравнению с другими типами крепи распространёнными в те годы, степенью водонепроницаемости, значительной несущей способностью, исключением необходимости применения временной крепи и т. д. На новейшем этапе развития горного дела в Германии данный тип крепи потерял своё былое значение и применяется редко, а за последние 20-25 лет - примеров использования вообще не отмечено. В первую очередь это обусловлено повышением требований к водонепроницаемости. Большое количество швов затрудняет их качественную гидроизоляцию и имеет следствием наличие остаточного водопритока, а, например, в воздухоподающих стволах к постепенному ухудшению гидроизолирующих свойств крепи приводят периодические колебания температуры, имеющие следствием «раскрытие» швов [3].

Анализ опыта возведения и эксплуатации чугунно-бетонной крепи в России, выполненный на обширном фактическом материале последних лет, выявил ряд недостатков. Важнейшими из них являются: высокая стоимость, нерациональное использование материалов [4], невозможность обеспечения полной гидроизоляции, высокая жесткость, сложность ремонта нарушенных участков,

низкая безопасность труда, значительная трудоёмкость и малый процент механизации работ. С ростом объёмов строительства стволов с чугунно-бетонной крепью все более наглядной становится необходимость поиска новых технических решений включающих не только ее совершенствование, но и разработку и внедрение новых типов крепи.

В Германии на смену тубингам пришли многослойные сталебетонные крепи. При строительстве новых стволов это преимущественно крепь со слоем скольжения (см. рис. 1). Опыт сооружения и эксплуатации более 20 стволов с подобной крепью, описанный в литературе, подтверждает ее высокую несущую способность, возможность обеспечения полной водонепроницаемости, надежность, долговечность. При реконструкции стволов для усиления нарушенной крепи нашла применение сталебетонная крепь из металлической обечайки и укладываемого за нее слоя бетона. Такой подход позволяет решать нестандартные задачи – восстановление нормального функционирования стволов с нарушенным сечением, искривленной осью, значительное увеличение несущей способности крепи без чрезмерного сокращения площади сечения ствола, обеспечение полной гидроизоляции.

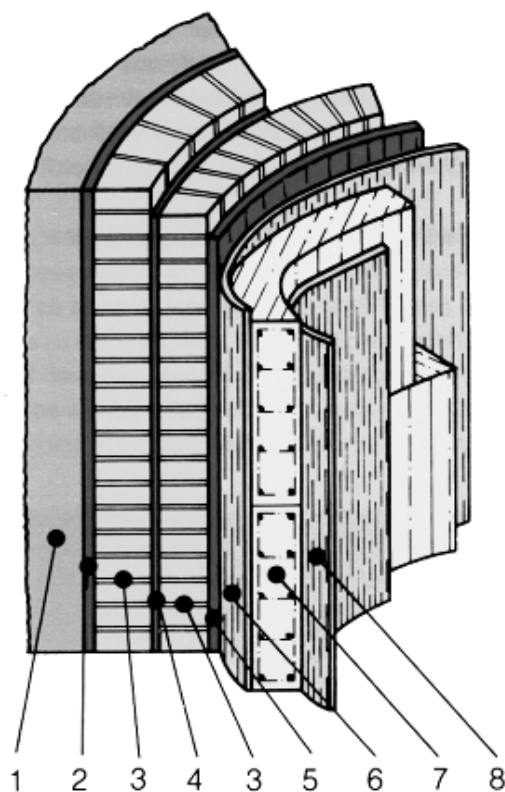


Рис. 1. Сталебетонная крепь со слоем скольжения ствола Voerde [5]

1 – порода; внешняя крепь: 2 – цементно-песчаное заполнение закрепного пространства, 3 – бетонные блоки с прокладками из древесины, 4 – цементно-песчаный раствор; 5 – асфальт; внутренняя крепь: 6 – внешняя водонепроницаемая стальная обечайка, 7 – железобетон, 8 – внутренняя стальная обечайка.



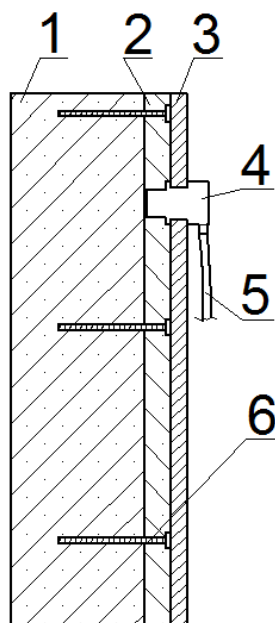
Главными недостатками крепи со слоем скольжения являются, ограниченность максимальной высоты става крепи (до 300 м), высокая стоимость, значительное увеличение диаметра ствола, трудоемкость и длительность возведения. Все это привело к её использованию в достаточно узком диапазоне условий.

Крепь из металлической обечайки с внешним слоем бетона неэффективно работает при высоком гидростатическом давлении, которое воспринимается исключительно гидроизолирующим слоем. При этом толщина слоя стали на значительных глубинах может достигать 70 мм и более [6], что требует больших материальных затрат.

В общем проанализированный авторами опыт российского и зарубежного шахтного строительства показал преимущество и перспективность применения в горной промышленности нашей страны многослойных конструкций крепей включающих грузонесущие (монолитный, сборный бетон, железобетон) и водонепроницаемые слои (стальные листы). Подобные конструкции обеспечивают высокую несущую способность, полную водонепроницаемость, благоприятный режим работы, имеют меньшую или равную с чугуно-бетонной крепью толщину, могут быть использованы как для крепления всего ствола, так и отдельных его участков, а также, при необходимости представляют возможность возводить крепь не связную с породным массивом.

Снижения стоимости комбинированных крепей, по мнению авторов, можно достичь, используя имеющиеся резервы несущей способности, как, например, слоя бетона в двухслойной сталебетонной крепи. Для этого слой бетона необходимо возводить в два этапа: внешний слой из обычного или полимербетона повышенной плотности; внутренний высокопрочный фибробетон (см. рис. 2 поз. 2) с искусственно улучшенными водопроводящими свойствами. При этом металлическая обечайка снабжается контрольно-регулирующими элементами.

Принцип работы крепи предлагаемой конструкции заключается в следующем: вода под давлением проникает через внешний слой (1) и попадает в слой бетона с искусственно повышенными фильтрующими свойствами (2), где равномерно распределяется, стремясь повысить гидростатическое давление до его величины в породном массиве. При достижении давлением значений, близких к критическим, срабатывают контрольно-регулирующие элементы, часть воды стравливается внутрь ствола, где стекает по системе шлангов (5), аккумулируется и по трубопроводу выдаётся на поверхность. Таким образом, в предлагаемой конструкции, благодаря возможности регулирования отдельного восприятия гидростатического давления слоем стали и бетоном реализуется принцип «управляемой работы крепи». При этом доля нагрузки, которую несет тот или иной слой определяется выбором давления – сброса на контрольно-регулирующих элементах. Объём откачиваемой воды будет незначительным, ввиду мощности внешнего слоя бетона, его низкой фильтрующей способности, а также относительно небольшого перепада давлений.



*Рис. 2. Конструкция гидроизолирующей сталебетонной крепи вертикальных стволов с регулируемым режимом работы*

Основные достоинства предлагаемой конструкции по сравнению с обычной двухслойной сталебетонной крепью заключаются в следующем: значительно повышается критическое давление; снижается риск возникновения аварийных ситуаций, связанных с отрывом металлической обечайки от бетона и её вспучиванием; обеспечивается полная гидроизоляция; появляется возможность временного управляемого снижения давления воды на стальной слой крепи, что необходимо при ведении ремонтных и профилактических работ, обеспечивается постоянный контроль уровня гидростатического давления и уменьшение толщины стальной оболочки.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Technik und Know-how-Management im deutschen Steinkohlenbergbau // Glückauf. - 144 (2008). - № 12. - S. 719-725.
2. Reuther E.U. Lehrbuch der Bergbaukunde. - Essen: Verlag Glückauf GmbH, 1989. - S. 812.
3. Gußeiserner Schachttübbingsäulenausbau – Historie, Schadensarten und Reparaturvarianten // Report. – 1999. - S. 12-16.
4. Масленников С.А. Обоснование рациональных параметров комбинированной чугунно-бетонной крепи вертикальных стволов \ Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: МГГУ, 2009. - №4 – С. 210-214.
5. O. Langefeld, E. Clausen. Vorlesungsunterlagen: Herstellung und Betrieb seigerer Grubenräume. - TU Clausthal. S. 478.
6. Schachtbau und Gefrieren. Deilman-Haniel Schaft Sinking. K+S Information, Nr. 4/2000. S. 4. Рекламный буклет.

УДК 622.28.27

*Солодянкін О.В., д.т.н., доц., Халимендик О.В., асп., каф. БГМ, НГУ, м. Дніпропетровськ, Україна*

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙ ЖОРСТКОГО МОНОЛІТНОГО БЕТОННОГО КРІПЛЕННЯ З ПОДАТЛИВИМ ШАРОМ ДЛЯ КАПІТАЛЬНИХ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК З ТРИВАЛИМ СТРОКОМ СЛУЖБИ ПРОВЕДЕНИХ В СКЛАДНИХ ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИХ УМОВАХ**

Основним засобом забезпечення стійкості підземних гірничих виробок відповідної несучої здатності і податливості в експлуатаційному стані є зведення кріплення.

На сьогоднішній день для кріплення капітальних виробок глибоких шахт застосовують понад п'ятдесят різноманітних конструкцій кріплення. Однак, як показує досвід, більшість відомих конструкцій не відповідає вимогам складних гірничо-геологічних умов не тільки через недоліки конструкцій, але й через невідповідність режиму роботи характеру деформування породного масиву.

Обсяги ремонтних робіт та витрати на підтримку капітальних гірничих виробок вугільних підприємств України свідчать, що значно деформовані близько 40 % загальної кількості капітальних виробок, а 10 % постійно перебувають в аварійному стані. У зв'язку з цим, безремонтна підтримка капітальних виробок є актуальним завданням, що вимагає детального опрацювання.

Аналіз досвіду застосування різних видів кріплення в складних гірничо-геологічних умовах дозволяє зробити наступні висновки:

1. Традиційне монолітне бетонне кріплення є малоефективним, оскільки бетон створює практично жорстку конструкцію в період інтенсивних зміщень контуру виробки. Через неможливість протидіяти зміщенням монолітне бетонне кріплення руйнується. Істотно краще поводить себе жорстке кріплення, що зводиться з відставанням від вибою, коли реалізувалася частина пластичних деформацій приконтурного масиву.
2. Використання металевого кріплення також не відповідає необхідним вимогам, оскільки має ряд недоліків (незначна механізація процесу зведення; металеве аркове кріплення не створює контактної підпору за периметром породного оголення; швидко вичерпує свої можливості, як несуча конструкція; має великий аеродинамічний опір; має відносно невеликий термін служби, тощо). Крім того, для забезпечення стійкості виробок потрібне збільшення щільності установки рам, що викликає значне збільшення вартості виробки за рахунок значної металоємності.
3. збірне бетонне й залізобетонне кріплення при всіх своїх перевагах, не може забезпечити стійкості виробки через неможливість роботи при значних

зміщеннях породного контуру; маючи гарні деформаційні характеристики за рахунок шарнірів, кріплення вимагає досить якісної забутовки, а через технологічні особливості це важко забезпечити; тампонаж, що рекомендується для збірних кріплень, по суті є додатковою бетонною оболонкою, для якої саме кріплення служить опалубкою, і її переваги як податливої конструкції, що пристосовується до нерівномірності гірничого тиску, майже зникає, в наслідок чого вартість значно підвищується; для кожного перетину виробки необхідний свій типорозмір збірних елементів, що ускладнює технологію виготовлення й механізацію зведення збірних кріплень [1].

4. анкерне кріплення на даному етапі його розвитку може застосовуватись тільки як елемент комбінованого кріплення, зменшуючи зміщення породного контуру; таке кріплення, як елемент конструкції, дозволяє зменшити витрати і полегшити конструкцію основного кріплення, підвищити його надійність.

Оскільки існуючі види кріплення не відповідають сучасним вимогам для складних гірничо-геологічних умов, залишається актуальним питання про розробку ефективних конструкцій кріплення капітальних виробок.

Одним з рішень даного питання може стати жорстке монолітне кріплення з податливим шаром. Ідея використання двошарового податливого кріплення відома і описана в роботах [1, 2]. Однак дані розробки не знайшли широкого застосування на шахтах через складну технологію зведення, що обмежує область його застосування пластичними і монолітними породами. При проведенні виробок в сильно порушених, обводнених породах, схильним до інтенсивних вивалів дане кріплення не може бути використане. Відомі матеріали податливого шару токсичні; мають значний термін набору міцності, що позбавляє можливість його застосування у якості тимчасового кріплення; при зведенні податливого шару існує необхідність підвищеного обміну повітря у виробці на час до 50 хвилин. Крім того, зведення кріплення вимагає технологічного зв'язку процесів створення двох різнорідних оболонок із прохідницькими роботами [1, 3].

З урахуванням вищевказаних недоліків, необхідно переглянути матеріали податливого шару, та конструктивні особливості двошарового кріплення.

Основні вимоги до матеріалу та конструкції податливого шару кріплення, в нестійких породах [4] полягають у здатності демпферного шару забезпечити часткову реалізацію деформацій вміщаючого масиву, що зменшує навантаження на основний несучий елемент кріплення. Крім того, матеріали податливого шару мають відповідати ряду вимог, до числа яких можна віднести наступні: мати досить високий коефіцієнт стиснення (0,5...0,9); мати достатньо високу несучу здатність (але не перевищувати 0,2...0,3 МПа) обумовлену необхідністю забезпечити можливі зміщення контуру виробки на момент стабілізації деформаційних процесів після проведення виробки та зведення монолітного бетонного кріплення, виступаючи таким чином тимчасовим кріпленням; мати можливість створення легкорегульованого складу матеріалу, що дозволить варіювати його характеристиками за рахунок зміни процентного

співвідношення складових компонентів; бути негорючими чи нездатними до самостійного горіння матеріалом; мати високі водоізоляційні параметри, кількість закритих пор більше 90%; бути відносно дешевими та доступними.

Найбільш в повній мірі даним вимогам відповідають піноматеріали характеристики яких наведені в табл. 1.

Таблиця 1

## Характеристики піноматеріалів, що застосовуються у якості конструктивів

Показники	Пеноплекс	Юніпор	Пінополістиролбетон
Межа міцності на стиск, МПа	0,2...1,0	0,7...5	0,2...2,5
Межа міцності на розтягування, МПа	0,25...1,2	1...2,5	0,1...0,73
Коефіцієнт стиснення	до 0,9	до 0,9	до 0,8 за рахунок заповнювача
Адгезія, МПа	0,15...1,5	0,05...1,55	0,05...0,2
Пористість	закрита	закрита, водопоглинання не більше 20 %	закрита, водопоглинання не більше 8 %
Вогнестійкість	негорючий	важкогорючий, не здатний до самостійного горіння	негорючий
Спосіб укладки	лист, блоки	листи, за опалубку	За опалубку, блоки, набризг

Конструкції податливого шару кріплення наведені на рис. 1, 2. Однією з переваг таких конструкцій є те, що завдяки суцільності, податливий шар відповідає вимогам тимчасового кріплення; вимогам податливості та роботи сумісно з масивом, враховуючи не тільки деформації контуру виробки, а й деформації вздовж всієї проектної довжини виробки. Запропоновані конструкції мають забезпечити експлуатаційні вимоги впродовж всього строку служби.

Конструкція уявляє собою постійне двошарове рис. 1 тришарове рис. 2 кріплення з жорсткого несучого елемента – монолітного бетону, та демпферного шару. Запропоновані два конструктивні рішення.

Перший варіант (рис. 1) полягає в тому що зовнішній шар, яким виступає податливий матеріал, зводиться безпосередньо в забої виробки після виїмки породи на величину заходки, виступаючи таким чином тимчасовим кріпленням, із заздалегідь сформованих блоків, які кріпляться до масиву за допомогою анкерів, чи швидкотвердіючого в'язучого, і з'єднуються між собою скобами чи в'язучим розчином в залежності від очікуемого водопритоку у виробку. Опалубка для бетонування монтується на компенсуючу трубку. Таким чином податливий шар забезпечує можливі зміщення контуру виробки на момент стабілізації деформаційних процесів до моменту встановлення основного несучого шару та нівелює дію гірничого масиву на внутрішній грузонесучий елемент кріплення. При необхідності для захисту кріплення від впливу

агресивних підземних вод можливо застосування покриття з гідравлічно-ізолюючого матеріалу у вигляді плівки високої міцності.

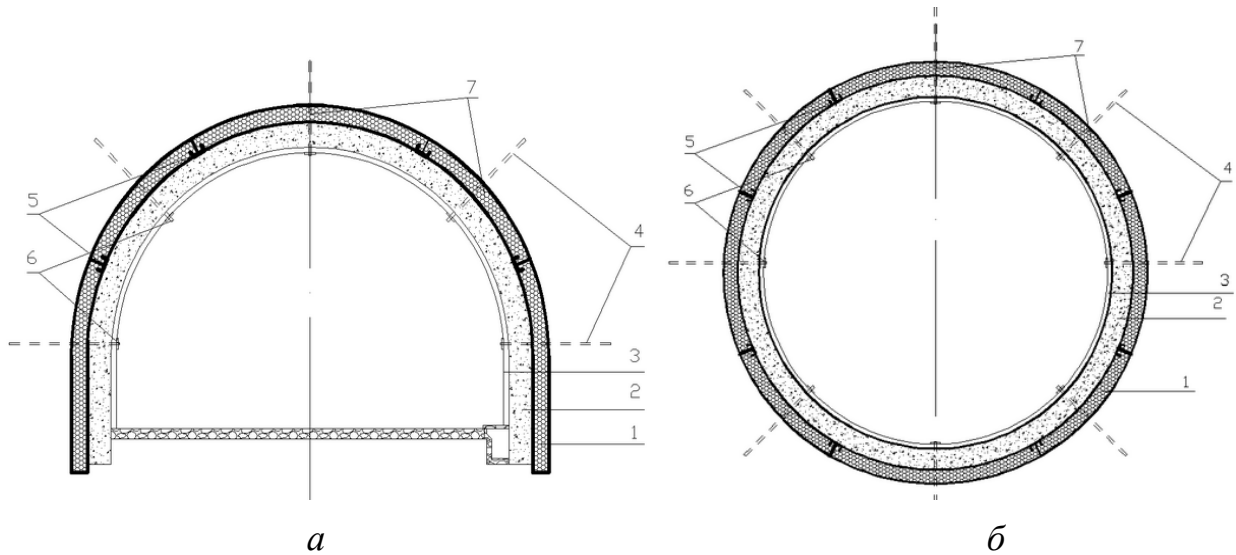


Рис. 1. Конструкція двошарового бетонного кріплення зі збірним податливим шаром:  
 а – аркової форми; б – кільцевої форми: 1 – податливий шар; 2 – бетонне жорстке кріплення; 3 – відривна опалубка; 4 – анкер; 5 – скоби/в'яжучі речовини; 6 – піноблоки.

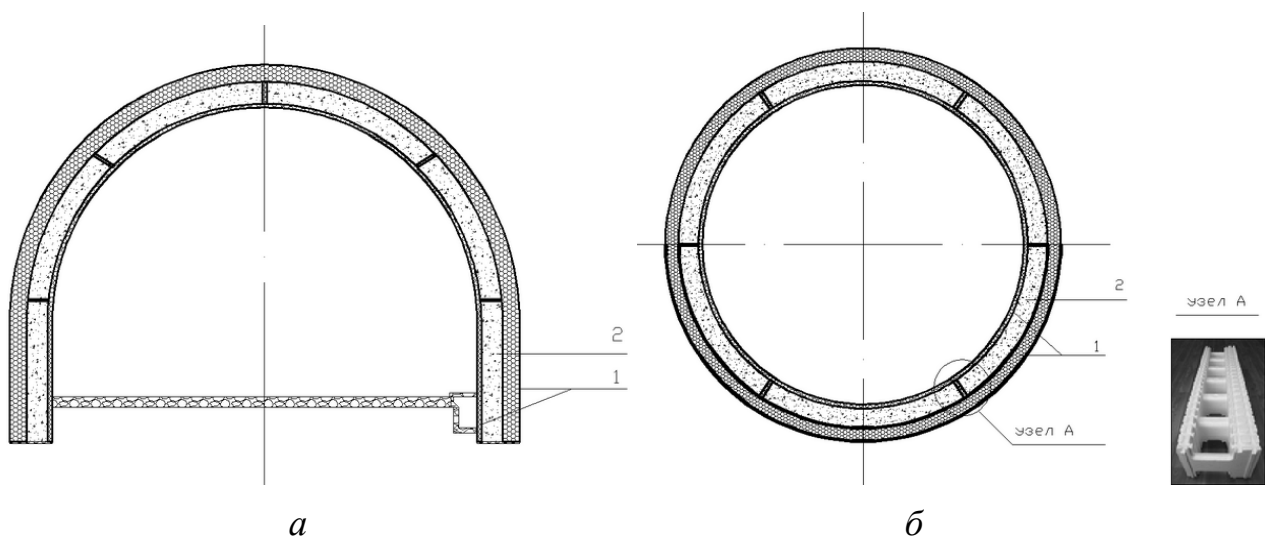


Рис. 2. Конструкція тришарового бетонного кріплення де тимчасове кріплення є одразу і незнімною опалубкою і податливим шаром:  
 а – аркової форми; б – кільцевої форми: 1 – зовнішній податливий шар – опалубка; 2 – бетонне жорстке кріплення.

Кріплення може мати арковий та кільцевий перетин. Останній є більш оптимальним варіантом з точки зору стійкості та надійності, але більш складний за технологічним фактором.

Другий варіант відрізняється від першого тим, що на відмінну від монтажу готових блоків передбачається встановлення у вибої виробки незнімної опалубки з піноматеріалу, зовнішня стінка якої буде податливим шаром, а її товщина буде задаватися розрахунком і відливатися попередньо (див. рис. 2).

Головною перевагою даної конструкції є те, що зведення бетонного кріплення технологічно спроститься, а відстань між забоем та роботами з бетонування можна значно скоротити, тим самим зменшити при необхідності ділянку виробки що закріплена тимчасовим кріпленням.

Крім того, суттєвим в запропонованій конструкції є те, що завдяки технології виготовлення піноматеріалу стає можливим змінювати його міцність за рахунок товщини шару, що має вирішити протиріччя між необхідною міцністю матеріалу як тимчасового кріплення та оптимальною роботою податливого шару в розрахунковому режимі де необхідна невелика міцність на стиск та задовільний коефіцієнт стиснення.

Таким чином, запропоновані нові конструкції багат шарового кріплення капітальних гірничих виробок з тривалим строком служби для складних гірничо-геологічних умов, що складаються із внутрішнього жорсткого несучого шару та зовнішнього податливого шару, який виконує роль демпферної зони, відмінністю якого є те, що податливий шар складається з технологічних блоків регульованої податливості; незнімної опалубки, яка виконує роль тимчасового кріплення та податливого шару, товщина і несуча здатність якого задається окремо для кожного випадку.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Заславский Ю.З., Дружко Е.Б. Новые виды крепи горных выработок. – М.: Недра, 1989. – 256 с.
2. Бетонная крепь, технология и механизация ее возведения/Ю.З.Заславский, В.П.Киндур, Е.П.Лопухин, Ф.И.Перепичка. – Донецк, Донбасс, 1973. – 184с.
3. Временная инструкция по применению двухслойной монолитной крепи конструкции ДонУГИ / ДонУГИ. – Донецк, 1974.
4. СНиП II-94-80. Строительные нормы и правила. Подземные горные выработки. Нормы проектирования. – М.:Стройиздат, 1982. – 272с.

УДК 622.281.74

*Новиков А.О., к.т.н., доц., ДонНТУ, Гладкий С.Ю., инж., ш. «Добропольская», Шестопалов И.Н., асп., Навка Е.А., маг-р., ДонНТУ, г. Донецк*

## **О ДЕФОРМИРОВАНИИ КРОВЛИ В МОНТАЖНЫХ ХОДКАХ С АНКЕРНЫМ КРЕПЛЕНИЕМ**

### **Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями**

Украина по оценкам экспертов владеет 3,5% мировых запасов каменного угля (около 65% запасов угля приходится на пласты мощностью до 1,2 м), что в условиях дефицита собственной добычи нефти и газа, неуклонного роста цен на них на мировых рынках, делает уголь надежным и долговременным энергоносителем в топливно-энергетическом балансе страны. В настоящее время около 84% угля добывается подземным способом примерно в 570 механизированных очистных забоях, причем постоянно, сорок процентов комплексов, работающих в них монтируются-демонтируются. Трудоемкость и продолжительность монтажа очистного оборудования во многом зависит от того, обеспечены ли необходимые размеры рабочего пространства и устойчивое состояние монтажных камер, и их своевременное проведение. Решение этой проблемы невозможно без широкого внедрения передового опыта эффективного ведения монтажно-демонтажных работ с использованием рациональных технологических схем и нового оборудования, а также внедрения новых технологий проведения и поддержания монтажных камер, в том числе с использованием анкерного крепления.

Несмотря на имеющийся позитивный опыт в использовании анкерного крепления для поддержания монтажных камер на шахтах («Добропольская», «Красноармейская-Западная» №1, «Краснолиманская», шахты объединения «Павлоградуголь» и др.), широкого внедрения он не нашел.

### **Анализ исследований и публикаций**

В научно-технической литературе представлено большое количество работ, посвященных изучению характера взаимодействия различных конструкций крепи с массивом. Это работы выполненные Амусиным Б.З., Ардашевым К.А., Бабиюком Г.В., Байкенжном М.А., Баклашовым И.В., Борисовым А.А., Булатом А.Ф., Булычевым Н.С., Виноградовым В.В., Воскобойниковым М.П., Гелескулом Н.М., Глушко В.Т., Джапаридзе Л.А., Егоровым А.П., Ерофеевым Л.М., Задавиным Г.Д., Заславским Ю.З., Зориным А.Н., Касьяном Н.Н., Колоколовым С.Б., Махно Е.Я., Мельниковым Н.И., Ремезовым А.В., Семевским В.Н., Сторчаком И.И., Ткачевым В.А., Толпанкороевым А.Т., Усан-Подгорновым Б.М., Усаченко Б.М., Фотиевой Н.Н., Черняком И.Л., Чуканом В.К., Широковым А.П. и др. В них достаточно глубоко исследованы механизмы формирования нагрузки на рамные крепи, особенности и закономерности



деформирования вмещающего выработки массива. Для выработок с анкерным креплением они до сих пор практически не изучены. Учитывая перспективы использования анкерных систем для крепления выработок на шахтах Украины, как одного из приоритетных направлений интенсификации производства, проведение таких исследований, несомненно, является актуальным.

**Задачей исследований** являлось установление особенностей деформирования породного массива, вмещающего монтажные ходки с анкерным креплением.

**Основные результаты.** Шахтные инструментальные наблюдения были проведены в монтажном ходе пятой северной лавы уклона пласта  $m_4^0$  горизонта 450 м шахты «Добропольская». Характеристика вмещающих пород представлена на рис. 1.

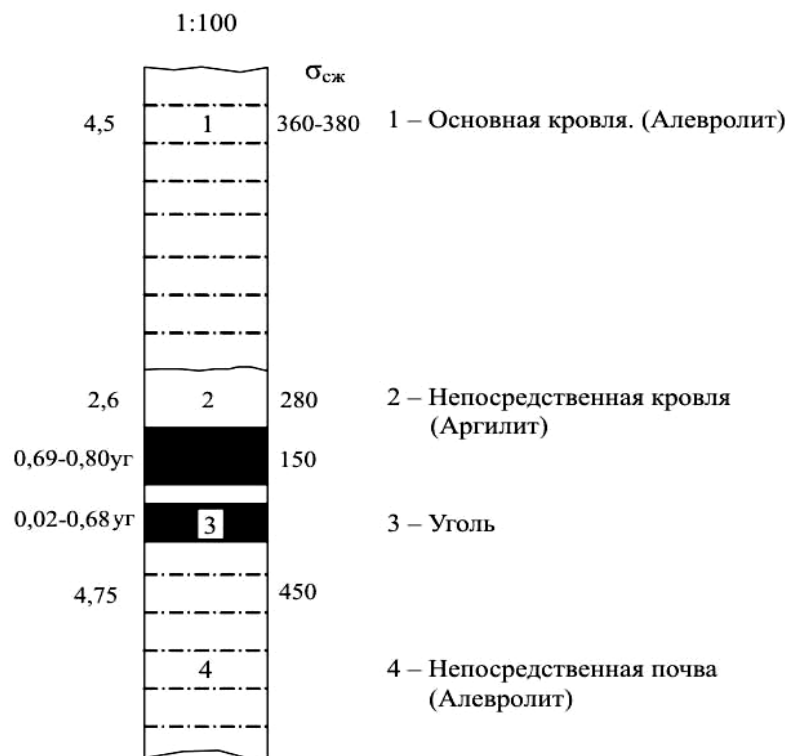


Рис. 1. Стратиграфическая колонка пласта  $m_4^0$

Выработка проводилась комбайном, в направлении снизу-вверх, с нижней подрывкой пород. Крепление выработки производилось комбинированной анкерно-рамной крепью. Плотность установки анкеров в кровлю – 1 анк/м<sup>2</sup>. Анкера длиной 2,4 м устанавливались под металлическую полосу длиной 3,5 м, между рамами крепи из СВП-22. Расстояние между рядами анкеров – 1 м. Бурение шпуров для установки анкеров в кровлю производилось при помощи буровой колонки расположенной на комбайне. Закрепление стальных анкеров в шпурах производилось химическим способом.

На удалении 30м от сопряжения монтажного ходка с конвейерным штреком, в забое выработки была оборудована контурная и глубинная замерные станции (рис. 2).

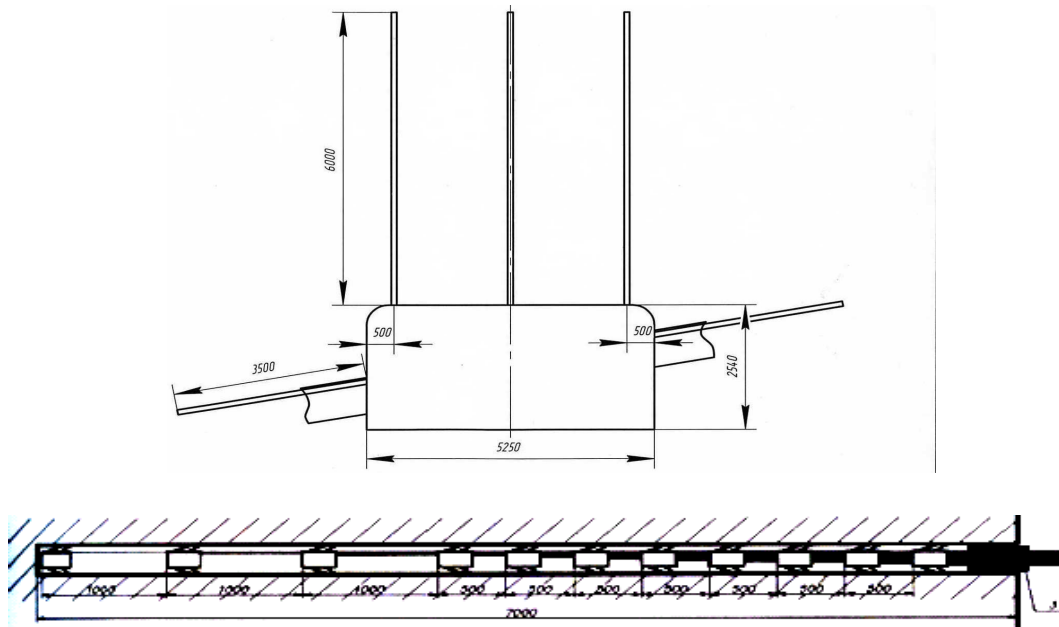


Рис.2. Схема замерной станции и расположения глубинных реперов в скважинах

Наблюдения за смещениями пород проводились в течении двух месяцев. Результаты обрабатывались в виде графиков смещений глубинных реперов и изменения коэффициента разрыхления между ними (рис.3-4).

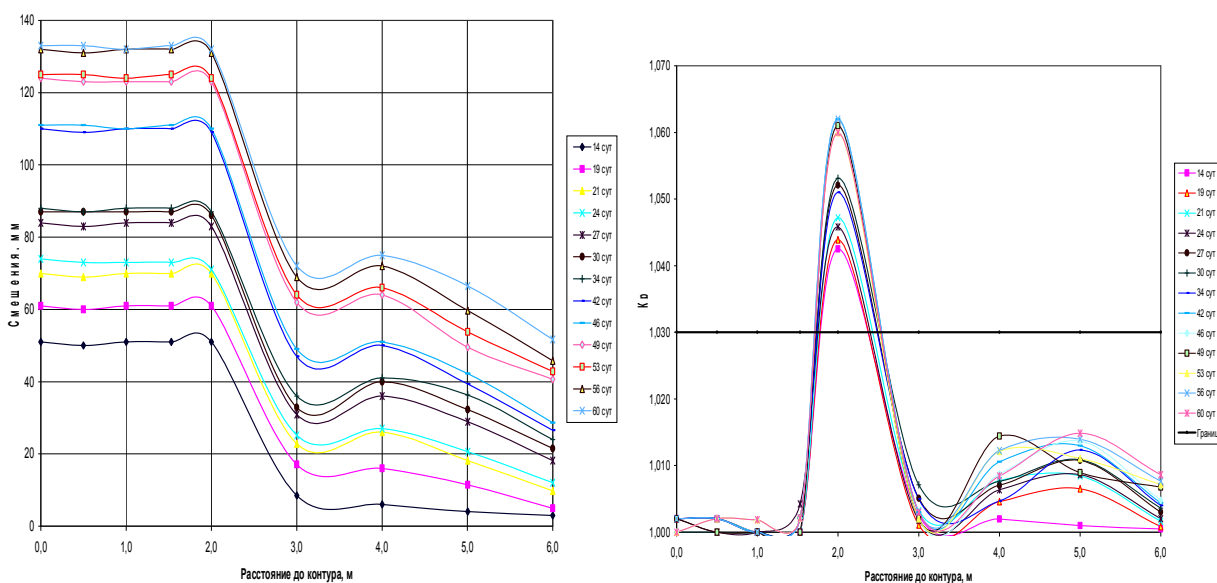


Рис.3. Графики смещений глубинных реперов в центральной скважине, в кровле выработки и изменения коэффициента разрыхления между реперами во времени.

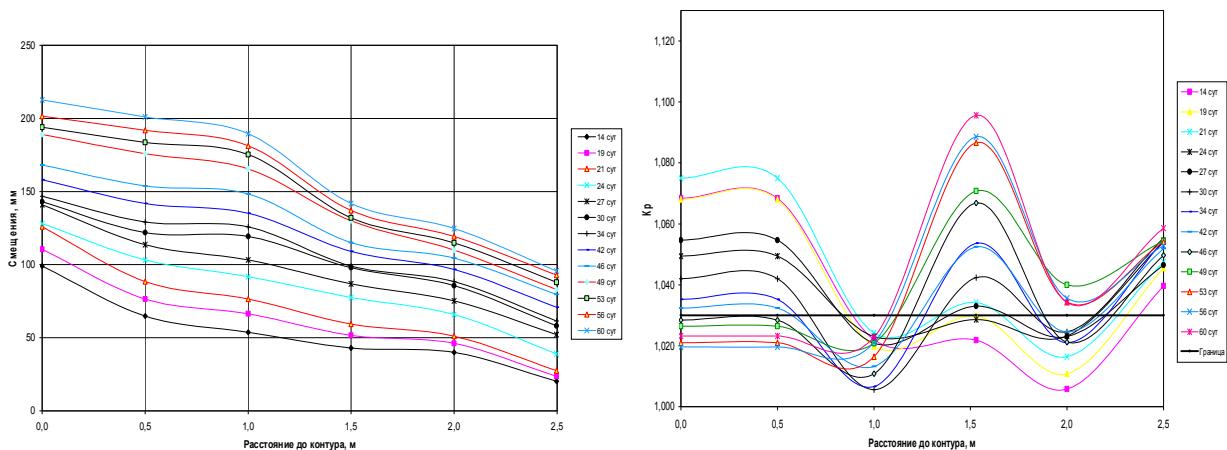


Рис.4. Графики смещений глубинных реперов в скважине, пробуренной в правом боку выработки и изменения коэффициента разрыхления между реперами во времени.

Как видно из графиков смещений глубинных реперов в кровле монтажного ходка, на 14 сутки наблюдений контур выработки сместился на 51 мм, что составляет более 38 % от конечной величины смещений за весь период наблюдений. Размер зоны неупругих деформаций составил более 6 м. Разрушения пород произошли на участке скважины, удаленной от контура на расстояние 1,8-3,0 м. В пределах скрепленной анкерами толщи пород расслоение не наблюдалось. Дальнейшие наблюдения показали, что характер деформирования массива не меняется. Расслоения пород со временем происходят в глубине массива, за пределами укрепленного анкерами участка массива. На 60 сутки наблюдений смещения контура посередине пролета выработки составили 133 мм, а смещения контура кроли в местах установки левой и правой скважин – соответственно 114 и 112 мм. Характер же деформирования массива, установленный по ним существенно не отличается от выше описанного для центральной скважины.

Анализ графиков смещений глубинных реперов в скважинах, пробуренных в боках выработки (см. рис.4) показывает, что через две недели наблюдений смещения пород на контуре составляли 99 и 46 мм соответственно для правого и левого бока (46 и 27% от конечной величины смещений). В глубине массива, разрушения произошли на участках скважин, удаленных от контура на 0-1,0 м и 2,0-2,5 м. Размер зоны неупругих деформаций составил более 2,5 м. Дальнейшие наблюдения показали, что разрушения пород от контура в глубь массива происходят волнообразно, с изменяющейся во времени и пространстве интенсивностью. Так, если наибольшая величина коэффициента разрыхления пород на участке 0-0,5 м была зафиксирована на 21 сутки наблюдений (1,075), то к моменту окончания наблюдений его величина составляла 1,023. Это объясняется включением рамной крепи в работу и уплотнением приконтурного слоя пород. Напротив, если на участке скважины 1,0-2,0 м, на 14 сутки наблюдений значение коэффициента разрыхления пород составляло 1,023, то на 60 сутки оно выросло до 1,096.

Проведенные наблюдения подтвердили ранее полученные результаты исследований [1,2], заключающиеся в том, что разрушения пород кровли происходят в глубине массива, за пределами заармированной анкерами области, которая практически не разрушается. Наибольшие смещения породного обнажения в кровле выработки наблюдаются посередине пролета (происходит плавный прогиб), а вблизи стенок – образуются пластические шарниры. В боках выработки разрушения пласта и пород происходят на глубину более 2,5 м и проявляются в виде выдавливания верхней пачки угля и пород непосредственной почвы пласта. Очевидно, это связано с наличием в боках выработки слабых вмещающих пород. Деформирование носит пластический характер.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новиков А.О. Об особенностях деформирования породного массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением / Гладкий С.Ю., Шестопалов И.Н. //Известия Донецкого горного института. – Донецк: ДонНТУ, 2008. – №1. – С.120-129.

2. Новиков А.О. О расширении области применения анкерной крепи на угольных шахтах Донбасса. / С.Ю.Гладкий // Międzynarodowa Konferencja "IX Szkoła Geomechaniki 2009" Część II: zagraniczna; Materiały Naukowe, Gliwice-Ustron, 2009. - С. 129-142.

УДК 622.235

*Рублева О.И., к.т.н., доц., ДонНТУ, Украина*

### **КОНСТРУКЦИЯ ШПУРОВОГО ЗАРЯДА ВВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЙСТВИЕМ ВЗРЫВА НА ОБУРЕННЫЙ МАССИВ**

При ликвидации зданий и сооружений взрывом шпуровых зарядов ВВ нередко возникает необходимость или усиления осевого импульса взрыва, например, для более эффективного разрушения заглубленной части фундамента, или усиления динамического действия взрыва на заданный их боковой участок, например, на место окончания (заделки) арматуры в разрушаемых железобетонных колоннах.

В результате экспериментальных и теоретических исследований, проведенных на кафедре «Строительство шахт и подземных сооружений» ДонНТУ, впервые установлен пульсирующий характер распространения детонации в пассивном патроне ВВ, отделенном от патрона боевика инертным промежуток. В результате этого происходит рост скорости выделения энергии взрыва. Это в свою очередь приводит, при определенных параметрах заряда, к перерас-

пределению импульса взрыва из осевого в радиальный. Из этого факта вытекает весьма важная практическая рекомендация, заключающаяся в том, что для интенсификации воздействия продуктов взрыва на нижнюю часть обуренного массива необходимо шпуровой заряд разделить инертным промежутком (рис. 1).

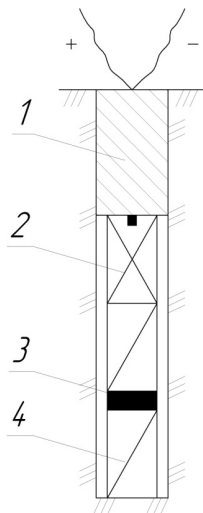


Рис. 1. Конструкция рассредоточенного инертным промежутком шпурового заряда: 1 – забойка; 2 – активная часть заряда; 3 – инертный промежуток, через который передается детонация; 4 – пассивная часть заряда

Такая принципиально новая конструкция шпурового заряда обеспечивает целенаправленное динамическое воздействие на обуренный массив. При этом определяющим параметром этого заряда служит масса инертного промежутка независимо от его природы (свойств, физического состояния и других показателей).

Максимально возможная величина осевого импульса взрыва заряда с инертным промежутком между патронами ВВ наблюдается при следующем условии:

$$\frac{m_{BB}}{M_{ин}} = 8, \quad (1)$$

где  $m_{BB}$  - масса активной части заряда, т.е. расположенной перед инертным промежутком, считая по ходу детонации, кг;

$M_{ин}$  - масса инертного промежутка диаметром, равным диаметру заряда ВВ.

Усиление радиального действия взрыва на стенки шпура наблюдается при условии:

$$81 \left\langle \frac{m_{BB}}{M_{ин}} \right\rangle 8, \quad (2)$$

Очевидно, что

$$M_{ин.} = \delta_{ин} \cdot S_n \cdot \rho_{ин}, \quad (3)$$

где  $S_n$  - площадь поперечного сечения заряда ВВ, м<sup>2</sup>;

$\rho_{ин}$  - плотность материала инертного промежутка, кг/м<sup>3</sup>;

$\delta_{ин}$  - толщина инертного промежутка, м.

Для обеспечения безотказности взрывания толщина инертного промежутка должна быть меньше критической, т.е. через нее должно устойчиво передаваться детонация. Как следует из условий запаса по безопасности, за критическую дальность передачи детонации через инертный промежуток следует принимать значение, полученное на воздухе, а не в трубах, в которых передача детонации в среднем возрастает в 1,7 раза по сравнению с передачей на открытом воздухе. Техническими условиями на все ВВ указана дальность передачи через угольные таблетки плотностью 1000 кг/м<sup>3</sup>.

Исходя из вышесказанного, устанавливаем критерий:

$$\delta_{ин} < L_{кр.в} \cdot \frac{10^3}{\rho_{ин}}. \quad (4)$$

где  $L_{кр.в}$  - критическая дальность передачи детонации через угольные таблетки на воздухе (для современных отечественных порошковых и полупластичных ВВ II-VII классов  $L_{кр.в}=0,015$  м, а для аммонала скального № 1 прессованного  $L_{кр.в}=0,035$  м).

Инертный промежуток необходимой толщины наиболее рационально выполнить в виде относительно прочной, но в то же время разрушаемой при взрыве таблетки. Например, из песчано-цементной смеси (торкретбетона) со стандартным соотношением компонентов (1:3:0,7).

Экспериментально установлено, что плотность таблетки из торкретбетона равна в среднем 2 г/см<sup>3</sup>. Подставив это значение в неравенство получим, что толщина оптимального песчано-цементного промежутка между патронами диаметром 45 мм аммонала скального № 1, прессованного должна быть менее  $17,5 \cdot 10^{-3}$  м, а для порошковых и полупластичных ВВ – не менее  $7,5 \cdot 10^{-3}$  м. Таким образом, предложен технологичный способ управления взрывом, исключая влияние так называемого «человеческого фактора». На практике инертный промежуток или формируется в шпуре (на заданном его участке) непосредственно в процессе заряжания, или же является составной частью патронов ВВ. Суть последнего варианта заключается в том, что в заводских условиях прочная инертная таблетка размещается на одном из торцов патрона ВВ внутри парафинированной бумажной оболочки. Реальность второго предложения под-

тверждена опытом изготовления на Донецком казенном заводе химических изделий аммонала скального № 1 с размещенной в патроне-боевике прессованной шашкой (таблеткой) из бризантного ВВ для повышения чувствительности аммонала к инициирующему импульсу.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рублева О.И. Теоретическое и экспериментальное исследование действия взрыва заряда в породной оболочке с инертными промежутками между патронами ВВ//Зб. Наукових праць ДонНТУ «Проблеми гірського тиску». Вип.15/ Під аг. Ред.. О.А. Мінаєва. – Донецьк: ДонНТУ, 2007. – С. 226-253.
2. Левит В.В., Рублева О.И. Исследование условий интенсификации процесса разрушения горных пород взрывом при проходке вертикальных шахтных стволов // Вісті Донецького гірничого інституту. - Донецьк: ДонНТУ, 2007. - № 1. – С. 15-26.
3. Левит В.В., Рублева О.И. Модель буровзрывной технологии проходки вертикальных шахтных стволов // Наукові праці ДонНТУ: Серія гірничо-геологічна. - Донецьк: ДонНТУ, 2007. - Вип. 6 (125). – С. 75-85.

УДК 622.61

*Будишевский В.А., к.т.н., Арефьев Е.М., инж., Хиценко Н.В., к.т.н., ДонНТУ, г.Донецк, Украина*

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИБРООЧИСТИТЕЛЯ С КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТОЙ

Неудовлетворительная очистка конвейерных лент является причиной интенсивного загрязнения подконвейерного пространства просыпью транспортируемого груза, вызывает повышенный износ дорогостоящих элементов конвейера (роликоопор, ленты), и, как следствие, приводит к сходу и порыву ленты, пробуксовке и отказу узлов и оборудования. Перспективными являются вибрационные очистители конвейерной ленты, которые обладают такими преимуществами как исключение взаимного износа рабочей обкладки конвейерной ленты и рабочего органа очистителя, выведение рабочего органа очистителя из загрязненной зоны и т.д. В связи с этим представляют научный интерес дальнейшие исследования вибрационных средств очистки конвейерных лент.

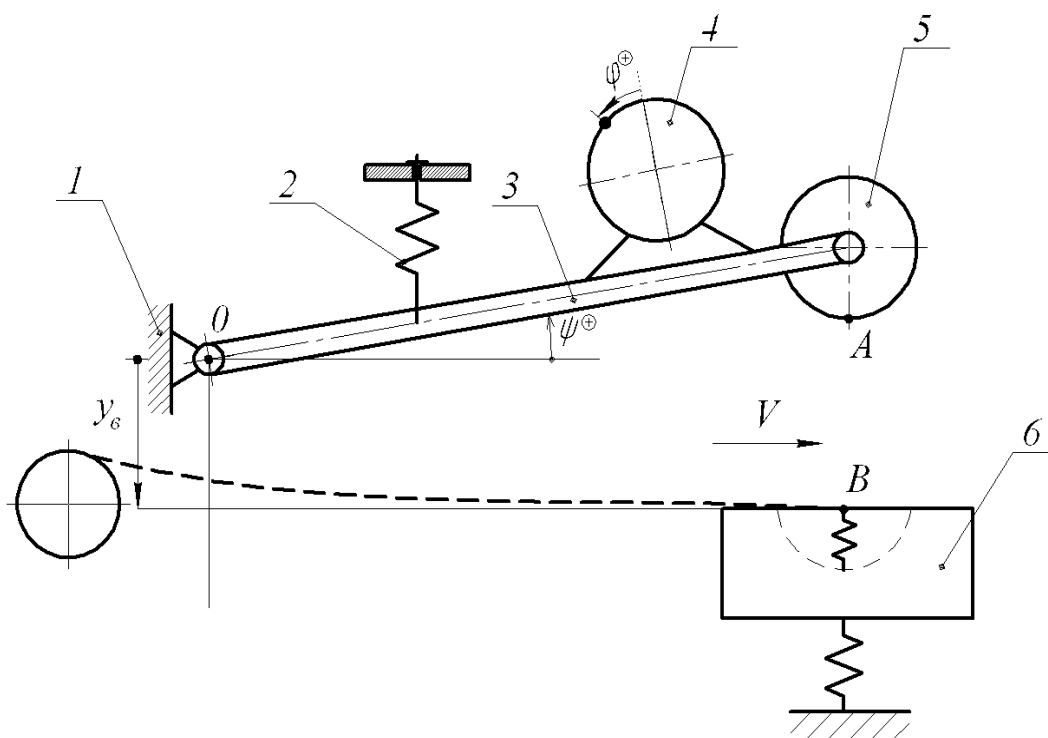


Рис. 1. Принципиальная схема физической модели взаимодействия вибрационного очистителя с конвейерной лентой

Виброочиститель (рис. 1) состоит из шарнирно закрепленной на стойке 1 подпружиненной пружиной 2 рамы 3, на которой установлены дебалансный вибратор 4 и роликовый рабочий орган 5. Очищаемая конвейерная лента 6 движется со скоростью  $V$ .

Обобщенными координатами системы являются:  $\psi$  - угол поворота рамы очистителя относительно горизонтальной оси;  $\varphi$  - угол поворота центра масс дебаланса вибровозбудителя;  $y_в$  - координата точки  $B$  на поверхности ленты, соответствующей месту контакта с нижней точкой рабочего органа очистителя  $A$  при условии отсутствия контактных деформаций в ленте.

При разработке математической модели приняты следующие допущения: конвейерная лента рассматривалась как одномассовая система, масса которой определялась из условия равенства кинетических энергий движения распределенной и эквивалентной приведенной массы ленты; электромагнитные процессы, протекающие между ротором и статором в приводном двигателе рассматривались в соответствии с механической аналогией [1]; учет сил «вредных» сопротивлений осуществлялось с помощью функции Рэлея.

Пример реализации процесса взаимодействия виброочистителя с конвейерной лентой для конвейера 2Л100У в резонансном режиме приведен на рис. 2. Здесь показан пуск очистителя на протяжении восьми секунд. В первые 3,5 секунды работы очистителя амплитуда ускорений ленты возрастает. В этот период происходит уменьшение контактных усилий в ленте вплоть до допустимого значения [2] (на рис. 2б обозначено пунктиром). В течение следующего отрезка времени (3,5 – 8 с) очиститель переходит в установившийся режим работы.



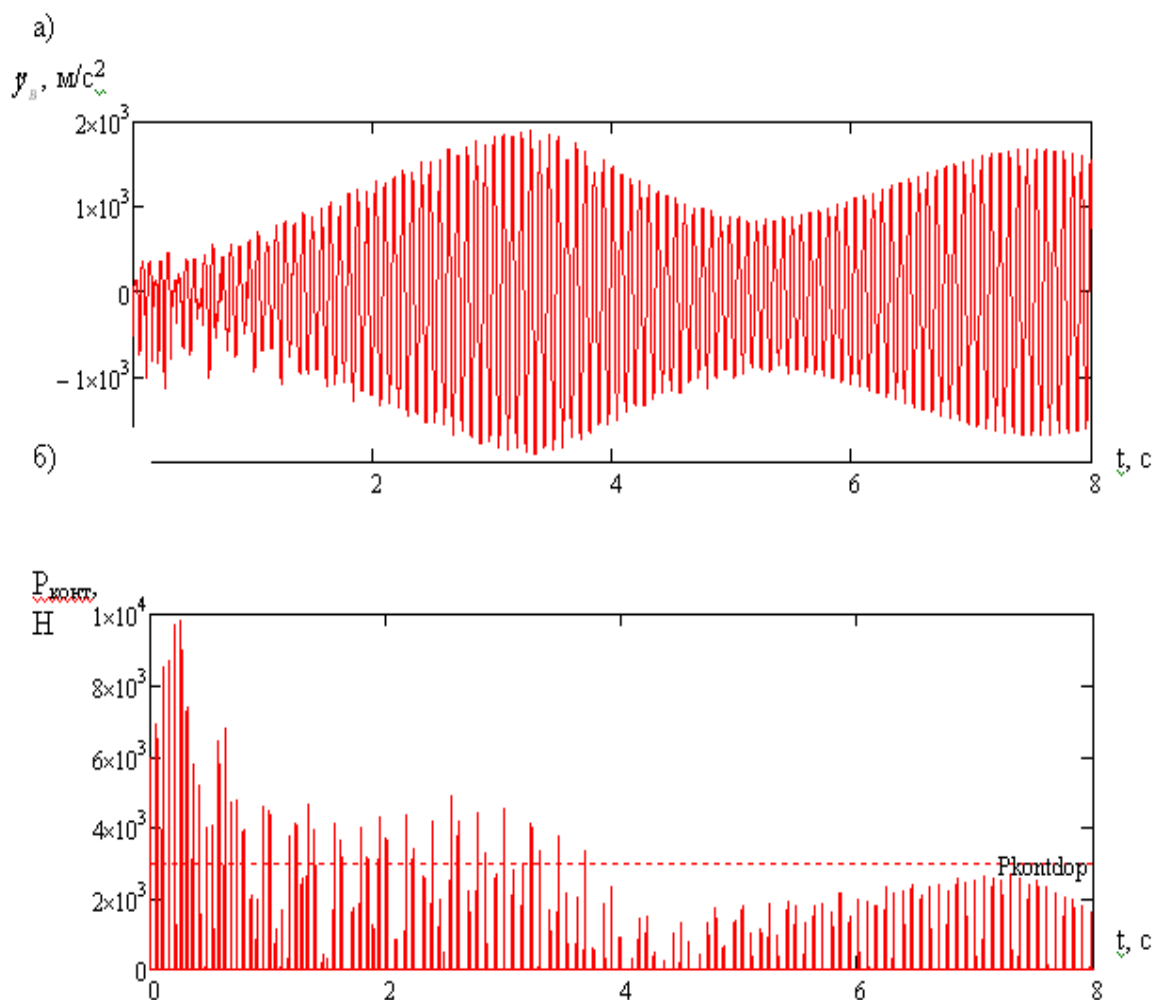


Рис. 2. Результаты математического моделирования взаимодействия виброочистителя с конвейерной лентой для конвейера 2Л100У: а) ускорение поперечных колебаний ленты по центру пролета; б) контактное усилие в конвейерной ленте.

Разработанная математическая модель позволяет произвести оценку величины контактных усилий, возникающих в ней, и в комплексе с моделью процесса отделения загрязняющей угольной примазки от ленты будет использована при создании математической модели процесса вибрационной очистки конвейерной ленты, что позволит обосновать параметры виброочистителя.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малеев Г.В., Гуляев В.Г., Бойко Н.Г., Горбатов П.А., Межаков В.А. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов: Учеб. Для вузов. - М.: Недра, 1988.- 368 с.
2. Будішевський В.О., Ареф'єв Є.М., Хиценко М.В., Мерзлікін А.В., Лавшонко А.В. Оцінка припустимого контактної зусилля під час вібраційного очищення конвеєрних стрічок. Наукові праці ДонНТУ. Серія: „Гірничо-електромеханічна”. – 2008. – Вип. 16(142). – С. 46-50

УДК 624.459.5

Минеев С.П., проф., д.т.н., Лукьяненко А.С., студ., Волык Ю.В., студ., каф., СГМ, НГУ, г.Днепропетровск, Украина

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВДАВЛИВАНИЯ СВАЙ С ПОМОЩЬЮ ВИБРАЦИОННОГО ВОДЕЙСТВИЯ

Сваевдавливающие машины применяются при устройстве свайных фундаментов гражданских и промышленных зданий, защитных стенок свайного или шпунтового типа и др. Экологическая безопасность, бесшумность, компактность и быстроедействие, а также безопасность для соседних зданий и конструкций, делают особенно эффективным применение сваевдавливающих машин в условиях плотной застройки города. Наиболее эффективной областью применения данной технологии и оборудования является погружение железобетонных свай вблизи существующих зданий и сооружений. Однако при использовании данной технологии глубина внедрения сваи в массив ограничена, поэтому данная работа была направлена на повышение эффективности и глубины вдавливания сваи при помощи дополнительного вибрационного воздействия.

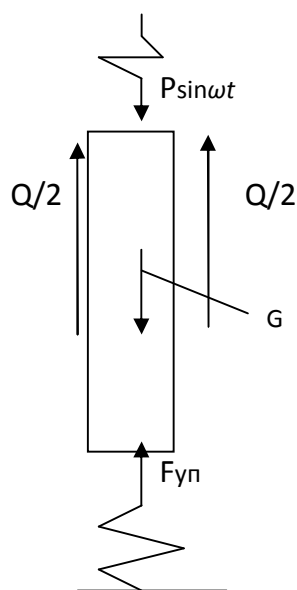


Рис 1. Схематическая модель вибровдавливательной установки:  $Q$  – сопротивление на боковую поверхность сваи,  $F_{уп}$  – сопротивление под нижним концом,  $P \sin \omega t$  – вибровозбуждающая сила.

Погружение сваи, подвергаемой действию вибрации, в массив грунтов является достаточно сложным механическим процессом. Так, если к верхней части сваи, заглубленной на незначительную глубину в массив, присоединить вибратор направленного действия, возбуждающий продольные вибрации в свае, то необходимая статическая масса нагружения будет меньше некоторой критической величины нагрузки на сваю, необходимой для ее внедрения. Последнее происходит поскольку работа вибратора будет оказывать на массив грунта и саму сваю колебательное воздействие.

При решении поставленной в работе задачи использовались математическое моделирование и стендовый эксперимент.

При обосновании данной работы была разработана математическая модель, учитывающая боковое сопротивление породы, сопротивление породы внедрению наконечником сваи, а также параметры нагружения на сваю (вибровоздействие и статические нагрузки). Используемая схематическая модель

вибровдавливающей установки при погружения сваи в массив грунта, представленного образцом, приведена на рисунке 1. Испытываемый образец моделировался как упругое тело с неким коэффициентом упругости  $n$ . Для каждого породного слоя грунта  $n$  находится экспериментальным путем или по справочным данным.  $F_{уп}$  – сила сопротивления внедрению сваи.  $F_{уп}$  – возрастает прямо пропорционально перемещению сваи в образце. Свая имеет собственный вес  $G_{ш}$  и нагружаемый модуль весом  $G_m$ . Во время проведения эксперимента вес сваи и модуля оставался равным  $G=G_{ш}+G_m$ . На боковую поверхность сваи действует сопротивление бокового распора грунта, направленное в сторону противоположную ее движению. Принимаем, что боковое сопротивление грунта в пределах одного слоя одинаковое. Вибровоздействие на сваю выполняется по синусоидальному закону. Тогда ускорение движения наконечника сваи при воздействии вибрации определяется уравнением:

$$\frac{d^2x}{d\tau^2} = \frac{1}{\omega^2}(g + q_0 + P_0 \sin \tau - nx) \quad (1)$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращающегося дебаланса,  $g$  – ускорение свободного падения,  $q_0$  – расчетное сопротивление на боковой поверхности сваи со стороны породного образца,  $P_0 \sin \tau$  – динамическая нагрузка на сваю, зависящая от веса статической нагрузки и параметров вибрации,  $n$  – сопротивление грунта под нижним концом сваи,  $x$  – перемещение сваи в массиве грунта.

Разработанная модель позволяет установить связь между ускорением наконечника внедряемой сваи, характеристик сопротивления грунта и параметров статических и вибрационных воздействий.

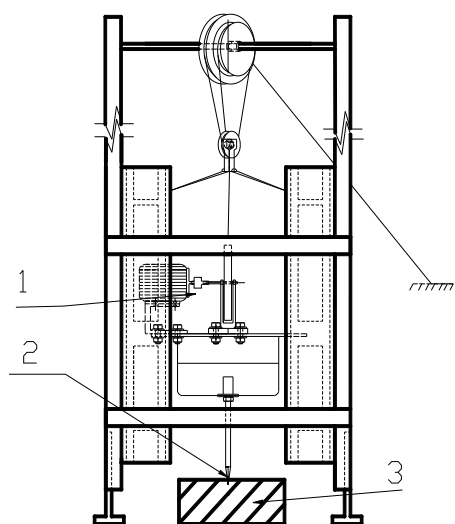


Рис 2. Экспериментальный стенд по внедрению штыря в образец:

1-вибровозбудитель; 2- шпунт;  
3- образец

Для выполнения подобного эксперимента в ИГТМ НАНУ был разработан специальный стенд. Схема используемого стенда для проведения эксперимента представлена на рисунке №2. Стенд позволял оценить кинематику погружения сваи в исследуемый образец в двух режимах нагружения:

1) при воздействии на сваю только статической нагрузки (в зависимости от веса прикрепленных грузов к модулю стенда);

2) погружение шпунта при помощи статического нагружения и дополнительного вибровоздействия (вибратор выполнен в виде электродвигателя с установленным на нем дебалансом).

Процесс вибропогружения происходит по принципу преодоления сопротивления

поверхностного трения грунта с помощью "разжижения" грунта вибрацией. Генерируемые от дебаланса вибропогружателя колебания передаются на внедряемый в грунт шпунт. Плотнo прилегающий к вдавливаемому элементу шпунта грунт колеблется с меньшей частотой и теряет сцепление с ним, не создавая больших помех для погружения. В водонасыщенных грунтах действие вибрации приводит к образованию временной водяной прослойки между сваей и грунтом, что значительно сокращает трение. Наиболее важными параметрами вибропогружения являются статическая сила вдавливания, статический момент, частота и амплитуда вибрации. Их величины, сочетание и возможность изменения определяются конструкцией вибропогружателя.

В процессе эксперимента осуществлялось внедрение сваи в исследуемый образец под действием статического и вибрационного воздействия. При этом определялась скорость перемещения сваи в образце в зависимости от параметров статического и вибрационного нагружения. Вибрация в ходе экспериментов имела постоянные частотно-амплитудные характеристики.

Осредненные результаты экспериментов, полученные при проведении стендового эксперимента, приведены на графике (см. рис. №3).

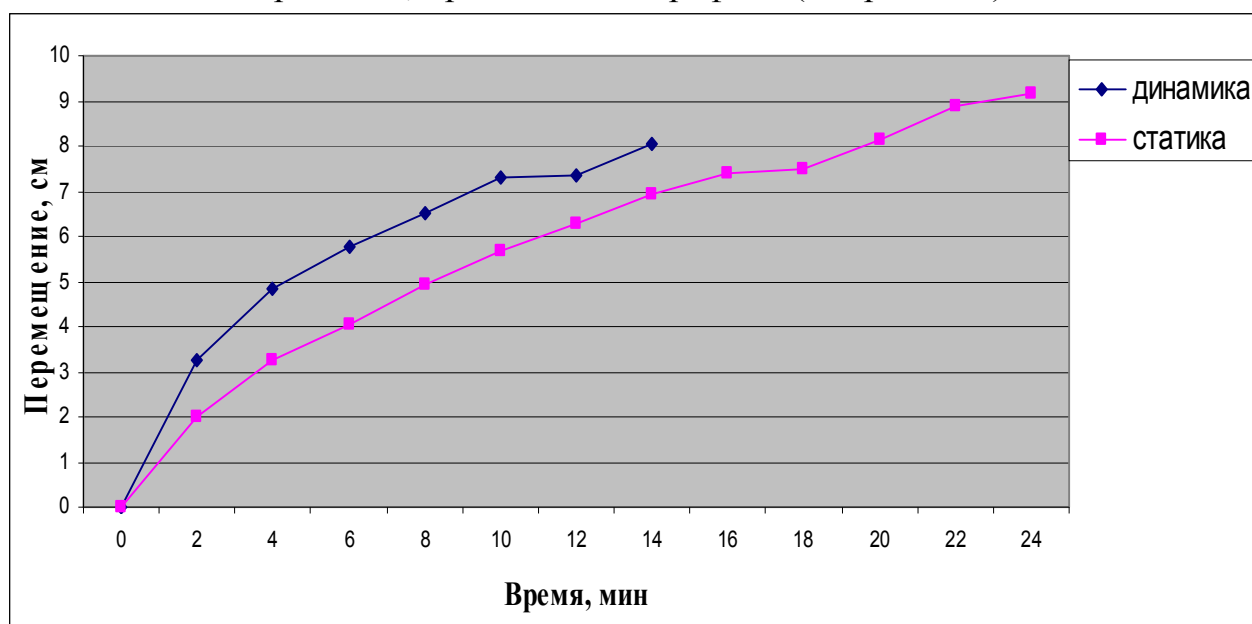


Рис 3. Перемещение сваи в исследуемый образец при статическом и вибрационном воздействии на него

Из полученных данных, приведенных на графике видно, что при внедрении сваи под действием статического и вибрационного воздействия скорость ее внедрения в испытываемый образец существенно отличается. При внедрении сваи дополнительное использование вибрации увеличивает скорость на 40% относительно внедрения этой сваи только при статическом нагружении. Этот вывод может быть использован на практике и позволит существенно повысить производительность оборудования, например, для установки свайного фундамента или шпунтового ограждения.

К основным преимуществам технологии виброудавливания свай можно отнести следующие:

- оборудование свайного фундамента или шпунтов без выемки грунта;
- контроль вдавливающих усилий и действие вибрации на каждую погружаемую сваю в зависимости от необходимой скорости;
- мобильность технологи, экологически чистый и достаточно бесшумный метод;
- возможность проведения работ в стесненных условиях внутри или вблизи зданий;
- возможность включения сваи в работу фундамента или ограждения непосредственно сразу после производства работ.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Савинов О.А., Лускин А.Я. Вибрационный метод погружения свай и его применение в строительстве. Л.: Госстройиздат, 1960.
2. Баркан Д.Д. Виброметод в строительстве. М.: Госстройиздат, 1959.
3. Васенин В.А. Расчетная оценка параметров колебаний грунта при ударном погружении свай // Реконструкция городов и геотехническое строительство. СПб. 2001. № 4.
4. Вибрация в технике: Справочник./ Ред. Совет: В.Н. Челомей .- М.: Машиностроение, Том 4., 1981.
5. Минеев С.П., Сахненко А.Л., Обухов С. А. Вибрационное и волновое рыхление агрегированной сыпучей массы. – Днепропетровск: Днепро, 2005.

УДК 622.25.(06)

### ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ГЛУБИНАХ

*Дмитриенко В.А., к.т.н., Бадалян Г.Г., асп., ШИ(ф)ЮРГТУ (НПИ), г. Шахты*

В целях совершенствования проходки вертикальных выработок в неустойчивых грунтах, выполнен комплекс аналитических и экспериментальных исследований для разработки методики проектирования параметров экрана из инъекционных свай. В процессе аналитических исследований получено уравнение описывающее процесс расширения полости передовой скважины нагруженной внутренним давлением при установке грунтовых впрессовываемых свай вокруг выработки. Анализ полученного решения позволил установить, что существенное влияние на формирование полости закрепления сваи имеют: коэффициент сцепления и угол внутреннего трения

грунта, а также боковое давление пород. Таким образом, для расчетов деформаций, оценки прочности закрепления и надежности грунтовых свай необходимо знать характеристики механических свойств уплотненных давлением грунтов.

Необходимость этих исследований обусловлена двумя факторами. Во первых - в условиях объемного сжатия грунтов, его предельное состояние с ростом глубины измерений будет изменяться, так как увеличивается гидростатическое и соответственно боковое давление грунта. Во вторых – при расширении передовой скважины приконтурный слой грунта уплотняется под воздействием давления цементного раствора, что также увеличивает сопротивление грунта смещениям. Учет этих факторов позволит более точно определить величину давления нагнетания цементного раствора, необходимого для преодоления предела текучести  $\tau_c$  грунта и соответственно развития полости требуемых размеров, в которой формируется зона заделки.

Поскольку при накоплении пластических деформаций, в процессе смещения стенок передовой скважины, сдвиговой механизм (взаимное смещение частиц и агрегатов), как при сдвиговом, так и при объемном деформировании является основным, то процесс уплотнения происходит за счет более плотной упаковки частиц в единице объема. Это означает, что в процессе предварительного уплотнения неводонасыщенный глинистый грунт приобретает дополнительное сцепление, которое также будет пропорционально углу внутреннего трения и нормальным напряжениям.

Применительно к рассматриваемой задаче нормальные напряжения будут определяться величиной давления нагнетания цементного раствора. Что же касается коэффициента пропорциональности, характеризующегося тангенсом угла внутреннего трения, то однозначного его значения получить нельзя, так как зависимость предела прочности грунта на сдвиг от приложенного нормального напряжения уплотнения имеет нелинейный характер. Следовательно, величина угла внутреннего трения может зависеть от принятого к расчету интервала испытаний. Таким образом, необходима экспериментальная проверка механических характеристик грунтов в диапазоне давлений нагнетания составов при установке свай.

Так как процесс формирования полости закрепления происходит в массиве подверженном объемному напряженному состоянию пород, и необходимо учитывать сопротивление процессам деформирования, то компрессионная схема в наибольшей степени будет приближена к естественному НДС массива вблизи контура «впрессованного тела» свай, поскольку стенки обоймы препятствуют горизонтальным смещениям. В этом случае наиболее простой схемой определения прочностных характеристик является схема одноплоскостного сдвига. В природных условиях схема одноплоскостного сдвига в наибольшей степени соответствует смещениям прилегающих к стенке скважины слоев грунта под действием сил от давления нагнетания.

Для определения характеристик механических свойств грунтов важное значение имеет режим испытаний, прежде всего характер нагружения образцов. В большинстве случаев испытания проводятся при статическом нагружении, заключающемся в медленном изменении прикладываемых к образцу отдельными ступенями нагрузок, имитирующем процесс строительства сооружения. При этом каждая следующая ступень нагрузки прикладывается после стабилизации деформаций от предыдущей ступени.

Поскольку основными недостатками сдвиговых испытаний являются неполная определенность напряженного состояния образца, разброс значений нормальных  $\sigma$  и сдвигающих  $\tau$  напряжений в процессе сдвига из-за неоднородности грунта в образце, а также изменение площади разрушения в процессе смещения частей кольца относительно друг друга, то требуется дублирование испытаний одинаковых образцов до получения требуемой точности измерений. Так как в этом случае необходимо большое количество образцов грунта, то испытания проводились непосредственно на строительных площадках в Каменском, Миллеровском и Октябрьском районах Ростовской области. Это позволило выбрать ИГЭ с достаточно близкими характеристиками и отбирать на любой глубине необходимое количество проб для получения принятой точности измерений 10%.

Отбор образцов грунта для экспериментов, на глубинах от 0,7 до 6 метров, проводился с помощью полевой лаборатории Литвинова (ПЛЛ-9) предназначенной для ускоренных исследований строительных свойств структурно устойчивых и макроскопических грунтов в полевых условиях. Образцы природного сложения на глубинах до 1 м отбирались непосредственно



Рис. 1. Отбор образцов грунта

на дне траншей в грунтоотборные гильзы, погружаемые в породы с помощью специального направляющего цилиндра, исключающего перекосы и уплотнение грунта в гильзах (рис. 1).

На глубине 4 и 6 метров отбор образцов осуществлялся со дна скважин, предназначенных для устройства буронабивных свай, с помощью керноотборника диаметром 150 мм. Для этого забой скважины очищался от разрушенного грунта и на него

посредством сборной штанги опускался заостренный цилиндр, который вдавливался в грунт на 12 – 15 см нагрузкой прикладываемой к штанге через рычажную систему. После отрыва от массива керн поднимался на поверхность

и извлекался из керноотборника. В зависимости от состояния грунта из керна методом режущего кольца изготавливалось 6 – 12 образцов для испытаний на срез.

Компрессионные и сдвиговые испытания образцов проводились с помощью прибора П10-С, который относится к категории односрезных приборов. Он отличается тем, что плоскость разреза частей обоймы, по которой производят срез исследуемого образца, расположена не параллельно направлению перемещения подвижной части прибора, а под небольшим углом, это позволяет уменьшить ошибки из-за неоднородности грунта в плоскости среза. Каждый образец испытывался на двух-трех ступенях нагрузки. После шести испытаний на одной ступени проводилась оценка точности измерений, в случае необходимости опыты повторялись до получения ошибки менее 10%. Интервал нормальных напряжений для испытаний был принят 0,15 – 1,0 МПа. Для каждой из шести серий образцов по указанному диапазону построены графики зависимости сопротивления сдвигу грунтов, отобранных на глубине 1,0, 4,0 и 6,0 м, от давления уплотнения.

Анализ полученных результатов показал, что наиболее точно данные исследований аппроксимируются параболической зависимостью, однако в диапазоне 0,2 – 0,65 МПа целесообразнее использовать линейную функцию, позволяющую определять сцепление и угол внутреннего трения с учетом уплотнения, необходимые для расчета параметров закрепления свай. Уровень достоверности описания при этом сохраняется (рис. 2 и 3).

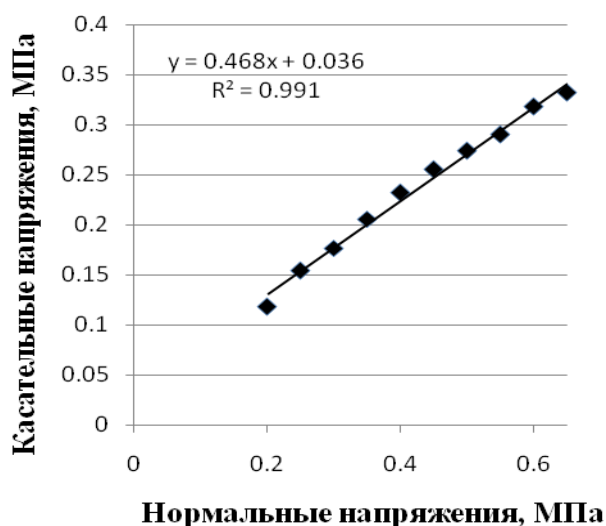


Рис. 2 Зависимость сопротивления сдвигу от уплотняющей нагрузки (глубина отбора проб 1,0 м)

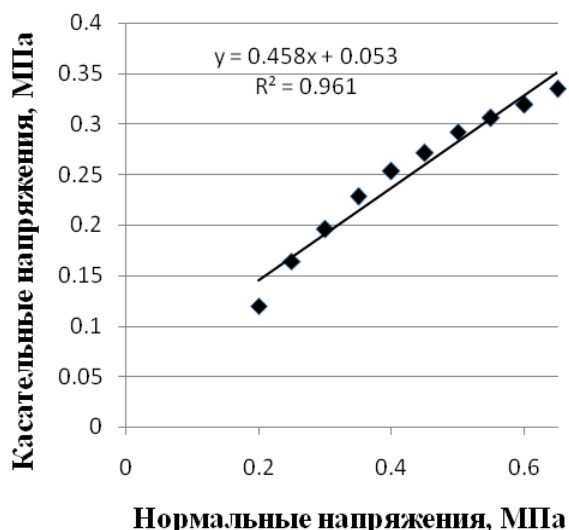


Рис. 3 Зависимость сопротивления сдвигу от уплотняющей нагрузки (глубина отбора проб 6,0 м)

Таким образом, полученные результаты позволят определять изменяющиеся с увеличением глубины характеристики уплотненного грунта в требуемом интервале давления нагнетания при установке грунтовых свай.



УДК 622.232.8.004.14:658.3.012.12

*Шевченко В.Г., ІГТМ НАН України*

## **МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИЗНАЧЕННЯ ГОТОВНОСТІ ГІРНИКА І ЛАНКИ ТРУДОВОГО КОЛЕКТИВУ ДО ВИСОКОПРОДУКТИВНОЇ ТА БЕЗПЕЧНОЇ РОБОТИ**

Впровадження нової техніки і технології залишається найбільш важливим питанням підвищення ефективності роботи шахт. Однак також актуальною є проблема підготовки кадрів, здатних ефективно керувати сучасними гірничими машинами і комплексами. Питання підготовки, професійного відбору гірників для керування новою технікою в даний час постає найбільше гостро. Для молоді, незважаючи на прийняття закону «Про престижність шахтарської праці» [1], гірничі професії як і раніше залишаються мало привабливими. В даний час мається широка нормативна і законодавча база для здійснення підготовки і кадрового відбору [2-7]. Питання застосування систем, що дозволяють правильно підібрати кадри є актуальним як в Україні так і за кордоном [8-11]. Нами пропонується комплекс методів по удосконалюванню такої системи на етапі підбору кадрів, у першу чергу для керування сучасними очисними комплексами. Розроблені методичні рекомендації призначені для визначення готовності гірника і ланки трудового колективу до високопродуктивної і безпечної роботи. В основу рекомендацій покладені результати досліджень з комплексної оцінки параметрів гірників та оптимізації режимів очисної виїмки тонких пологих пластів високонавантаженими лавами з урахуванням людського фактору [12-15]. Область застосування рекомендацій – вугільні шахти, що здійснюють підземний видобуток вугілля; рекомендації доцільно застосовувати на етапах підбору кадрів, професійного добору гірників для керування новою технікою, вирішення питань підготовки, перестановки кадрів для підвищення продуктивності праці шахтарів та зниження рівня аварійності і травматизму на вугільних шахтах.

Дослідження проводяться у відповідності з розробленими програмою і методикою досліджень біомеханічних та психофізичних параметрів робітників вугільної шахти та алгоритмами дослідження характеристик гірників і оперативного аналізу показників їх індивідуальної і колективної праці. Рекомендації також включають розрахунок економічної ефективності їх впровадження та відомості про вимоги до професій та основні методики комп'ютерного психофізичного тестування гірників.

У відповідності з методичними положеннями дослідження включають:

- кількісну оцінку впливу на продуктивність комплексно-механізованих очисних вибоїв параметрів, що характеризують готовність гірників до виконання технологічних операцій і здатність гірників відновлювати сили;

- розрахунок і інтегральну оцінку взаємного впливу гірничотехнічних, технологічних, гірничо-геологічних параметрів процесу виїмки вугілля і біомеханічних та психофізичних характеристик гірників;

- моделювання показників надійності системи керування процесом видобутку вугілля з урахуванням взаємодії основних елементів-ланок підсистем системи керування процесом видобутку вугілля та проведення комплексної оцінки показників надійності і якості керування процесом видобутку вугілля, як складної технологічної системи;

- оцінку надійності системи «ланка гірників – очисний комплекс» перед початком відпрацьовування лави і безпосередньо в процесі видобутку вугілля, при обліку невеликого числа нечітких параметрів, заданих діапазонами їх зміни в умовах конкретної лави, та розрахунок параметрів нечіткого регулювання ланки гірників.

Рекомендації та заходи з їх впровадження полягають у наступному.

На базі досліджень біомеханічних характеристик та встановлених закономірностей зміни енерговитрат гірників від швидкості подачі, ширини захвата комбайна, потужності, кута залягання пласта, схеми вентиляції:

- рекомендовано використовувати прилад для контролю фізичного стану гірників - пульсотахограф з вибухонебезпечними елементами живлення. При перевищенні зони припустимих навантажень гірникам рекомендовано робити перерву на відпочинок до моменту зниження частоти пульсу (енерговитрат) до режиму припустимих навантажень;

- рекомендовано при перевищенні зони припустимих навантажень машиніста комбайна процес керування комбайном з пульта покласти на помічника машиніста, при цьому машиніст у повному обсязі виконує функції помічника. При відновленні режиму припустимих навантажень машиніст продовжує виконувати свої функції;

- машиністам рекомендовано забезпечити стабільність швидкості подачі виїмкового комбайна для зниження енерговитрат у процесі виїмки.

На базі комплексної оцінки технологічних, гірничо-геологічних, технічних параметрів та психофізичних параметрів гірників та виявленого їх домінуючого впливу на надійність, продуктивність видобутку та якість вугілля рекомендовано:

- відділу оплати праці і заробітної плати за узгодженням з начальниками змін врахувати результати моделювання впливу готовності гірників до виконання технологічних операцій на продуктивність вибою та якість вугілля (величину прісічек бічних порід) при нарахуванні щомісячних премій гірникам за результатами роботи виїмкової дільниці;

- рекомендовано при комплектації ланки гірників враховувати результати комплексної оцінки технологічних, гірничо-геологічних, технічних параметрів та психофізичних параметрів гірників та виявленого їх домінуючого впливу на надійність, продуктивність видобутку та якість вугілля. Так, наприклад, на одній із шахт галузі для ланки гірників очисного вибою виявлений домінуючий

негативний вплив готовності до виконання технологічних операцій машиніста механізованого кріплення та гірників, зайнятих на пересуванні забійного конвеєра та оформленні ніш. Надано рекомендації щодо проходження комплексного тестування (проведені тести на сенсомоторну реакцію, апаратний теплінг-тест, тест відмірювання часу, концентрації, обсягу уваги). Дано рекомендації з поліпшення професійних і особистісних якостей: машиністу механізованого кріплення дані рекомендації із систематичних тренувань, спрямованих на поліпшення обсягу уваги; гірникам, зайнятим на пересувці конвеєра та на кінцевих операціях, рекомендовано пройти перепідготовку по підвищенню рівня кваліфікації. Надалі на шахті систематично виявлялись фактори негативного впливу готовності до виконання технологічних операцій гірників на продуктивність лави та надавались рекомендації щодо проходження тестувань та підвищення рівня кваліфікації.

На базі досліджень параметрів надійності підсистем керування видобутком вугілля та закономірностей впливу параметрів підсистем на видобуток вугілля:

- рекомендовано збільшити час перебування гірничого майстра в лаві і час контролю ланки гірників. Всі основні рішення машиністу комбайна приймати після оперативного аналізу інформації у вибої гірничим майстром і начальником зміни. Рекомендовано на подаючій частині виїмкового комбайна встановити відеокамеру у вибухобезпечному виконанні з забезпеченням передачі сигналу гірничому майстру зміни (що стало додатковим елементом запровадженій у провідних вугледобувних підприємствах системи телеінструктажу робітників);

- рекомендовано керівництву ділянки (начальник зміни, заст. начальника, гірничим майстрам) і машиністам приймати рішення на підставі рекомендацій з оцінки параметрів процесу видобутку на основі правил нечіткого виводу.

На базі досліджень комплексного впливу психофізичних та біомеханічних параметрів гірників, рівня їх інформованості на продуктивність видобутку:

- рекомендовано для підвищення достовірності та повноти інформованості ввести в практику зустрічі гірників основних професій (машиністи комбайнів, механізованого кріплення) із провідними спеціалістами шахти: головним маркшейдером, геологом, головним механіком, головним технологом;

- рекомендовано комплектувати бригаду з урахуванням встановлених раціональних співвідношень між віковим цензом і рівнем професійної кваліфікації гірників.

Основні фактори економічної ефективності впровадження рекомендацій наступні:

- підвищення продуктивності праці основного гірника - машиніста виїмкового комбайна за рахунок вибору раціонального режиму переміщення по лаві і керування комбайном при виїмці полоси вугілля;

- підвищення продуктивності праці ланки гірників за рахунок: правильної комплектації ланки з урахуванням вікового цензу і кваліфікації гірників; підвищення надійності роботи ланки гірників за рахунок забезпечення засобами оперативної реєстрації та обміну інформацією; розширення інформативної бази

(підвищення рівня інформованості) робочих основних професій при зустрічі з головними фахівцями шахти;

- зниження рівня виробничих витрат за рахунок: підвищення продуктивності праці і зниження умовно-перемінних витрат; науково-обґрунтованій системі преміювання гірників; зниження рівня травматизму;

- підвищення якості вугілля за рахунок росту стимульованості гірників до роботи без присічек бічних порід.

Приклад структури витрат на впровадження рекомендацій приведений в таб.1.

Таблиця 1

## Структура витрат на впровадження рекомендацій

Стаття витрат	Сума, грн.
1. “Допоміжні матеріали”	29700
1.1. Витрати на придбання приладів - пульсотографів	11100
1.2. Витрати на придбання комп'ютерної програми “Експериментальні дослідження в психології (ЕДК)” і ліцензії до програми	2000
1.3. Витрати на придбання міні відеокамер	16600
1.4. Витрати в наступні 11 місяців (за статтею “Допоміжні матеріали” за винятком витрат за експлуатацію програми – разові витрати)	64400
2. “Витрати на оплату праці”	56750
2.1. “Премії усього”. Формування фонду стимулювання в розмірі 15 % від фонду оплати праці в залежності від середнього окладу гірників комплексної бригади та їх списочної чисельності	47250
2.2. “Інший персонал”	
2.2.1. Витрати за місяць на оплату праці фахівця з установки, обслуговування та експлуатації відеокамер у вибухонебезпечному захищеному корпусі з передачею інформації на відео монітор, установлений на конвеєрному штреку	3000
2.2.2. Витрати за місяць на оплату праці фахівця з біомеханіки – працівника медичної частини: занесення до комп'ютера та обробка даних по енерговитратах гірників	3000
2.2.3. Витрати за місяць на оплату праці фахівця із психофізики: проведення тестувань, інтерпретація результатів, видача кваліфікованого висновку, рекомендацій	3500
3. “Соціальне страхування” - 36,4 % від суми за статтею “Витрат на оплату праці”	20657
4. “Інші витрати”	5000
4.1. “Підготовка кадрів” - витрати на підвищення кваліфікації робітників, навчання в учбово-курсних комбінатах, в залежності від середньої вартості курсів по підвищенню кваліфікації одного робітника та числа гірників, спрямованих на підвищення кваліфікації за місяць	5000
5. Загальні витрати за статтями “Допоміжні матеріали”, “Витрати на оплату праці”, “Інші витрати”	112107
6. Зниження витрат за статтею “Інші витрати”	20000
6.1. Зниження витрат за статтею “Регресні позови” - зниження травматизму, аварій в залежності від щомісячної середньої виплати на 1 людину за регресними позовами	15000

6.2. Зниження витрат за статтею “Виплати за непрацездатність” - зниження травматизму, аварій в залежності від щомісячної виплати на 1 людину за непрацездатність	5000
7. Загальні витрати	92107

В табл. 2 приведений приклад досягнутих основних техніко-економічних показників від впровадження рекомендацій. Сукупні витрати на впровадження рекомендацій не перевищують 100 тис. грн. у місяць, економічний ефект перевищує 900 тис. грн. у місяць. Соціальний ефект досягається за рахунок зниження травматизму, аварійності, поліпшення умов, підвищення престижності праці та в цілому іміджу вуглевидобувного підприємства на ринці праці.

Таблиця 2

Основні техніко-економічні показники до і після впровадження рекомендацій

Параметр/показник	Од. вим.	Значення	
		до	після
Середня швидкість подачі комбайна	м/хв	3	4,2
Коефіцієнт готовності вибою	-	0,3	0,35
Продуктивність праці гірників	т/чол. × зміну	36	57
Продуктивність комбайну	т/хв	4,6	6,3
Рівень видобутку у зміну	т/зміну	430	680
Рівень видобутку за місяць	т/міс	31320	49600
Зольність вугілля по дільниці	%	30,8	28
Загальна зольність вугілля по шахті	%	32	30,8
Рівень виробничого травматизму	чол. на 500 тис. т видобутку	1	0
Ціна рядового вугілля	грн/т	535,00	554,00
Загальна собівартість вугілля	грн/т	530,00	532,00/531,00*
Доход від реалізації вугілля	грн	150000	1105000/12500000*
Економічний ефект	грн	-	960000/10900000*

\* - за перший місяць / за наступні 11 місяців впровадження рекомендацій

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Закон України “Про підвищення престижності шахтарської праці” // Голос України. – 2008. - № 175.
2. Правила безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0-1.01-05: – К., 2005. – 154 с.
3. Правила технічної експлуатації вугільних шахт: СОУ10.1\_00185790\_002\_2005. – Київ: Мінвуглепром України. – 2006. – 354 с.
4. Закон України “Про охорону праці” // Відомості Верховної Ради України, 2003 р., № 2, ст. 10; 2007 р., № 34, ст. 444.
5. Наказ МОЗ України “Про затвердження Порядку проведення медичних оглядів працівників певних категорій ” // Офіційний вісник України від 06.08.2007 - 2007 р., № 55, стор. 138.
6. Положення про систему професійного психофізіологічного відбору працівників для виконання робіт підвищеної небезпеки [Електронний ресурс] // - Режим доступу: [www.moz.gov.ua/ua/main/?docID=9409](http://www.moz.gov.ua/ua/main/?docID=9409).

7. Про затвердження Порядку організації та проведення психофізіологічної експертизи працівників для виконання робіт підвищеної небезпеки та тих, що потребують професійного добору [Електронний ресурс] // - Режим доступу: [www.moz.gov.ua/ua/main/?docID=9409](http://www.moz.gov.ua/ua/main/?docID=9409).

8. Психодиагностический комплекс «Выбор» [Електронний ресурс] // - Режим доступу: <http://www.sccop.ru/>.

9. Основы психодиагностики: учебно-методический комплекс для специальности 030301.65 Психология / автор-составитель Н.В. Зоткин. – Самара: Изд-во «Универс групп», 2007. – 208 с.

10. Психодиагностический комплекс НИМИРИДА [Електронний ресурс] // - Режим доступу: <http://www.asiamedica.com/>.

11. Информационный комплекс «Динамика» [Електронний ресурс] // - Режим доступу: <http://www.biolink.ru/solutions/>.

12. Шевченко В.Г. Методические аспекты вопроса создания условий высокопроизводительного и безопасного труда на угольных шахтах / Шевченко В.Г. // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр./ ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2007. - Вып. 73. - С. 224-236.

13. Кияшко Ю.И. Анализ биомеханических характеристик машиниста комбайна в комплексно-механизированной лаве / Кияшко Ю.И., Шевченко В.Г. // Уголь Украины. – 2009. № 3. - С. 30-34.

14. Шевченко В.Г. Моделирование подсистем управления процессом добычи угля в условиях нечеткой информации / Шевченко В.Г. // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр./ ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2009. - Вып. 82. - С. 130-144.

15. Шевченко В.Г. Сравнение эффективности труда горнорабочих в комбайновой и струговой лавах / Шевченко В.Г., Кияшко Ю.И. // Уголь Украины. – 2008. № 6. – С. 12-17.

УДК 622.281.74

*Кравченко К.В., асп., каф. БГМ, г. Днепропетровск, НГУ*

## **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАМНО-АНКЕРНОЙ КРЕПИ ПРОТЯЖЕННЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С УЧЕТОМ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ «КРЕПЬ-МАССИВ»**

### **Актуальность работы.**

Угольная промышленность остается важнейшей составляющей топливно-энергетического и металлургического комплексов Украины. Значительные запасы угля, развитая инфраструктура регионов, высококвалифицированные кадры позволяют обеспечить энергетическую безопасность государства на базе развития и повышения эффективности угольной промышленности.

Одной из основных подсистем, определяющей надежность функционирования угольной шахты является комплекс основных и подготовительных подземных выработок.

Обеспечение устойчивости протяженных выработок на угольных шахтах Украины является одной из наиболее актуальных задач. С увеличением глубины разработки проблема обеспечения устойчивости горных выработок приобретает особенно большое значение. Основными негативными явлениями, проявляющимися в выработках глубоких горизонтов шахт, являются образование вокруг них больших зон разрушений породного массива, большие смещения контура, значительные деформации крепи, пучение пород почвы.

Для обеспечения устойчивости горных выработок необходимо как можно дольше сохранять монолитность массива вокруг выработки. Опыт поддержания выработок в сложных геомеханических условиях свидетельствует о том, что мероприятия направленные на упрочнение и предупреждение расслоений окружающего выработку массива, дают наибольший эффект в повышении устойчивости выработок. В настоящее время для этого применяют различные способы: нагнетание скрепляющих составов в горные породы, установка металлических анкеров и др. В силу ряда причин, анкерная крепь и комбинированная рамно-анкерная крепь, как эффективные виды крепи, не получили широкого распространения на угольных шахтах Украины.

Расширение объемов применения этих видов крепей требует достаточно глубоких исследований и обоснования соответствующих параметров применительно к конкретным горно-геологическим условиям, которые определяют особенности напряженно-деформированного состояния (НДС) в окружающем выработку массиве.

Таким образом, учет закономерностей деформирования системы «крепь-массив» и особенностей НДС приконтурного массива является важной научно-технической задачей и лежит в основе совершенствования способов крепления и поддержания выработок.

**Цель работы** - обоснование параметров способа повышения устойчивости протяженных выработок с помощью рамно-анкерной крепи, с учетом закономерностей деформирования системы «крепь-массив».

**Идея работы** заключается в использовании закономерностей деформирования приконтурного массива пород, после проведения выработки и применения анкеров, для снижения опасных деформаций в профиле рамной крепи.

**Объектом исследований** является механическая система «крепь-массив» окружающая выработку вне зоны влияния очистных работ.

**Предметом исследований** являются параметры деформирования рамно-анкерной крепи и механической системы «крепь-массив».

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи исследования:

- анализ и обобщение литературных источников и производственного опыта в вопросах связанных с обеспечением устойчивости протяженных выработок угольных шахт;

- выбор объекта исследований и оценка горно-геологических условий обоснования параметров для обеспечения устойчивости горных выработок угольных шахт;

- проведение натурных измерений с целью на определения закономерностей деформирования неоднородного породного массива вокруг горизонтальных выработок угольных шахт, как элементов одной технической системы «крепь – массив»;

- моделирование геомеханической системы «крепь – массив» в лабораторных условиях на физических моделях из эквивалентных материалов;

- численное моделирование геомеханической системы «крепь – массив» методом конечных элементов;

- разработка рекомендаций (методики) по креплению выработок рамно-анкерной крепью в конкретных горно-геологических условиях;

- экономическая оценка эффективности перехода от рамной крепи к рамно-анкерному креплению горных выработок в конкретных горно-геологических условиях.

Для достижения поставленных задач будет использован комплексный подход к исследованиям, который будет включать: обобщение и анализа литературных источников и результатов шахтных исследований по теме работы, натурные исследования, направленные на определение закономерностей деформирования неоднородного породного массива вокруг горизонтальных выработок угольных шахт, физическое и математическое моделирование, оценка экономической эффективности.

Наиболее удобным для исследования проявлений горного давления является метод моделирования на эквивалентных материалах.

Моделирование на эквивалентных материалах позволяет с большой степенью детальности проследить механизм деформирования системы «крепь-массив», что обычно исключено при других методах моделирования. Вследствие этого метод эквивалентных материалов является наиболее действенным, благодаря чему он получил широкое применение при решении различных задач механики горных пород.

Цель физического моделирования заключается в воспроизведении и изучении на модели физического процесса, подобного происходящему в натуральных условиях. Метод моделирования позволяет на уменьшенных по отношению к действительности моделях получать качественные и предварительные количественные результаты изучаемого процесса.

Одной из основных задач исследований должно стать создание компьютерной модели горной выработки, закрепленной анкерной крепью с целью



обоснования рациональных параметров крепи и прогнозирования состояния закрепленной выработки на заданный срок ее эксплуатации. Благодаря этому можно обосновать параметры анкерной крепи (величину нагрузки на крепь, несущая способность крепи, длина и плотность установки анкеров) и изучить изменение НДС вокруг выработки в зависимости от расположения анкеров.

Прогноз возможного напряжённо-деформационного состояния окружающего выработку породного массива можно выполнить, используя компьютерную математическую модель системы. При этом в ходе решения задачи должны быть использованы такие модели среды (породного массива), которые наиболее полно отображают характер ее поведения при проведении горной выработки – (наличие необратимых деформаций в массиве, эффекты разрыхления за пределом прочности, разупрочнение пород и т.п.).

Усложнение физических моделей, лежащих в основе численного моделирования состояния породной среды в окрестности выработки, преследует цель достижения наибольшей адекватности аналитических результатов натурным измерениям. Математические трудности, возникающие при этом в связи с усложнениями модели, в известной мере могут быть устранены путем применения численных методов, таких, например, как метод конечных элементов.

Предполагается использовать модель породного массива, основанную на аналогии протекания геомеханических процессов в окрестности выработки с деформированием породного образца за пределом прочности при испытаниях в режиме заданных деформаций. Данная модель учитывает такие эффекты в поведении породного массива в окрестности выработки, как разрыхление и разупрочнение.

Результаты работы планируется реализовать в виде рекомендаций по расчету параметров рамно-анкерной крепи для конкретных горно-геологических условий угольных шахт (Комсомолец Донбасса, Макеевуголь, Ровенькиантрацит, Добропольеуголь).

## **Выводы:**

1. Опыт поддержания выработок в сложных геомеханических условиях свидетельствует о том, что мероприятия направленные на упрочнение и предупреждение расслоений окружающего выработку массива, дают наибольший эффект в повышении устойчивости выработок.

2. Для достижения поставленных задач будет использован комплексный подход к исследованиям, который будет включать: обобщение и анализа литературных источников и результатов шахтных исследований по теме работы, натурные исследования, направленные на определение закономерностей деформирования неоднородного породного массива вокруг горизонтальных выработок угольных шахт, физическое и математическое моделирование, оценка экономической эффективности.

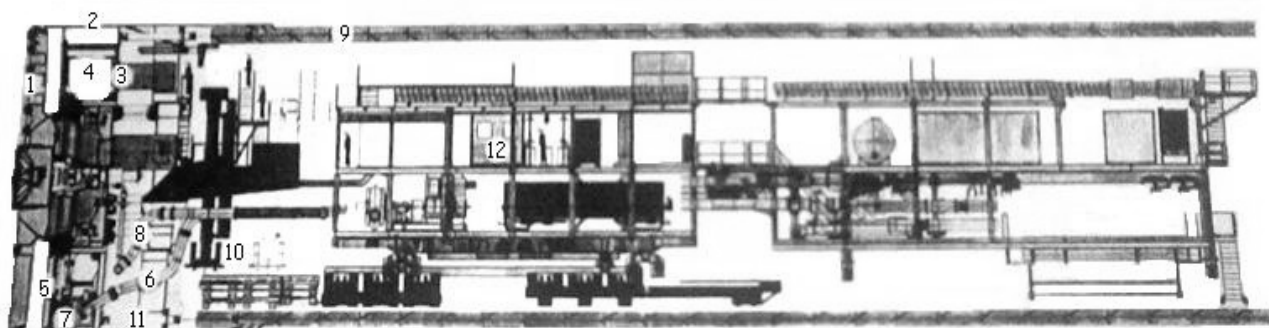
УДК625.191.6

*Стовпник С.Н. инж., Сницарь М.А. студ. НТУУ «КПИ»*

## ТОННЕЛЕПРОХОДЧЕСКИЙ МЕХАНИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС

В условиях мегаполисов туннелестроение должно обеспечивать экономичность, безопасность и защиту окружающей среды. В грунтовом массиве, представленном несвязанными водонасыщенными песками, применение тоннельных комплексов с бентонитовым пригрузением площади забоя, гидравлической транспортировкой разработанных грунтов по трубопроводам и его сепарации, и непрерывное нагнетание тампонажного раствора за обделку составляет принципиально новую технологию беспросадочного проведения тоннелей, где полностью исключен ручной труд. Эта технология туннелестроения в сочетании с высокоточной водонепроницаемой сборной железобетонной обделкой и эластичным уплотнением в стыках исключает негативные влияния на дневную поверхность в период строительства и эксплуатации тоннеля.

Одним из основных элементов технологии проходки тоннеля, сооружаемого закрытым способом тоннелепроходческим механизированным комплексом (ТПМК) является наличие в призабойной камере гидропригруза, представляющего собой бентонитовый раствор. Гидропригруз обеспечивает устойчивость забоя, удержание грунтовых частиц во взвешенном состоянии и транспортировку разработанного грунта в виде глиногрунтовой пульпы на сепарационную установку для очистки и отделения твердой фазы, направляемой в отвал, а также регенерации, с последующим использованием части очищенного раствора для приготовления рабочих растворов и утилизации.



*Рис. 1. Принципиальная схема ТПМК ( $d=14,2\text{м}$ )*

Тоннелепроходческий механизированный комплекс германской фирмы “Herrenknecht” предназначен для сооружения транспортных тоннелей круглого

сечения с возведением водонепроницаемой обделки из сборных железобетонных блоков высокой прочности. ТПМК оснащен комплексом породоразрушающего инструмента. Головным проходческим агрегатом ТПМК является механизированный щит с активным суспензионным пригрузом, обеспечивающий сооружение тоннелей в сложных инженерно-геологических условиях: смешанных, неустойчивых и слабоустойчивых грунтах под большим гидростатическим давлением. Применение бентонитового суспензионного пригруза с автоматическим регулированием его давления, стабилизирующего неустойчивый забой, обеспечивает проходку выработок больших диаметров.

Конструктивно ТПМК состоит из следующих основных частей:

а) механизированного щита с двойным роторным рабочим органом 1 и его главным приводом, помещенными в корпусе 2.

Рабочий орган щита включает два концентрически установленных ротора: основной  $D = 14,2$  м и центральный  $D = 3,1$  м, вращающихся независимо друг от друга при помощи самостоятельных приводов в виде гидромоторов. Вращение роторов реверсивное для устранения крена щита, облегчения разработки забоя и преодоления аварийных ситуаций при возможных обрушениях и вывалах грунта. Центральный ротор существенно облегчает работу основного, ощутимо выравнивает окружные скорости резцов, а возможность его выдвижения вперед на 600мм улучшает разработку грунта основным ротором.

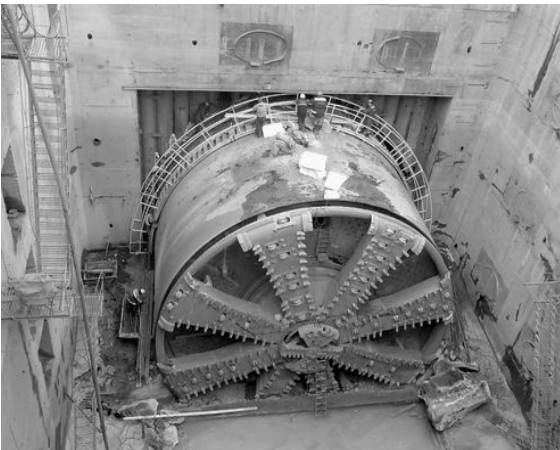


Рис. 2. Рабочий орган щита

– верхнюю 4, наполненную сжатым воздухом, и нижнюю, наполненную суспензией с разработанным грунтом с размещением всасывающего пульпопровода 6, и камнедробилки 7. В перегородке 3 встроены шлюзовые камеры для выхода людей в приемную камеру.

Для нагнетания бентонитовой суспензии в приемную камеру, сообщающуюся с призабойным пространством, используется трубопровод 8. Щит передвигается на забой, создавая напорное усилие, посредством щитовых домкратов 11.

В состав щита входит вертикальная герметичная перегородка 3, отгораживающей головную часть щита от тоннельного пространства, в котором поддерживается нормальное атмосферное давление воздуха.

Головная часть щита разделяется полупогружной диафрагмой 5, образующей приемную камеру с двумя отсеками – передним, полностью заполняемым суспензией, и задним, разделяющимся по высоте на две части

Щитовые домкраты (32 пары) расположены равномерно по окружности в средней части корпуса щита и обеспечивают как передвижение комплекса, так и обжатие смежных колец обделки при одновременном использовании во время монтажа блоков.

б) Блокоукладчик 10 для монтажа обделки 9 из сборных блоков;



Рис. 3. Домкратное кольцо

Блокоукладчик расположен в задней части щита и снабжен пневматическим захватом блоков обделки.

в) Защитовой комплекс оборудования, расположенный на двух трехъярусных тележках;

г) из комплекса систем управления (пульт 12), ведения щита по трассе тоннеля, обнаружения препятствий в грунтовом массиве, контроля, измерения и регистрации параметров ТПМК и технологического процесса;

д) из трубопроводного гидротранспорта разработанного грунта с выходом на поверхность к сепарационной установке для обезвоживания пульпы и регенерации суспензионного бентонитового раствора.

Система нагнетания тампонажного раствора за обделку выполнена по схеме подачи раствора через 8 патрубков, расположенных на хвостовой оболочке



Рис. 4. Комплекс систем управления

щита. Нагнетание производится под давлением одновременно с передвижением щита. Уплотнение строительного зазора в оболочке щита обеспечивается щеточной конструкцией. Поступление грунта и воды в щит блокируется с помощью трех рядов щеток, расположенных между оболочкой щита и тоннельной обделкой. В промежутки между щетками непрерывно нагнетается под давлением консистентная смазка.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мосты и тоннели Под редакцией Попов С.А. , Осипов В.О., Бобриков Б.В. Храпов В.Г. и др.
2. Якобс В.В. Эффективность скоростного сооружения тоннелей
3. Волков В.П. Тоннели и метрополитены

УДК 622.273

*Борщевский С.В., проф., д.т.н., Ланская Т. И., студ., Головнева Е. Е. асс.,  
ДонНТУ, г. Донецк, Украина*

## **СОЗДАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ ЦЕЛИКОВ ПУТЕМ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ МАССИВОВ В ОТРАБОТАННЫХ КАМЕРАХ ГИПСОВЫХ ШАХТ**

Зарубежный опыт добычи таких полезных ископаемых как гипс и калийные, каменные соли предусматривает повторное использование подземного техногенного пространства в различных вариантах [1, 2]. Самым перспективным из них является создание закладочных массивов на основе отходов горного производства с последующим извлечением полезного ископаемого из целиков.

Многообразие горнотехнических условий разработки месторождений предопределило создание нескольких способов возведения искусственного массива:

- твердеющая, возводимая литым, инъекционным, полураздельным способами;
- ледяная, с добавлением песка и дробленой породы;
- блочная;
- сухая, возводимая самотечным, механическим и пневматическим способами.

Для камерно-столбовой системы разработки наиболее рационально использовать полураздельный способ возведения искусственных массивов твердеющей закладкой. Его суть состоит в следующем: вяжущий раствор и крупнокусковой заполнитель подают к месту закладочных работ отдельно и смешивают их в процессе возведения искусственного массива [3].

Полураздельный способ состоит из двух технологических линий. Первая — приготовление вяжущего раствора и транспортирование его по трубам до выработанного пространства. Вторая — подготовка и транспортирование заполнителя по трубам сжатым воздухом, конвейерами, в вагонах, погрузочно-доставочными машинами. Смешивание материалов выполняют перед их подачей (или во время) в выработанное пространство путем соединения транспортных трубопроводов за 150—200 м до заполняемой камеры или при сбрасывании их в выработанное пространство.

Применение пневмооборудования обеспечивает исключительно хорошую полноту закладки под кровлю, что имеет значение для камерно-столбовой системы разработки на пологих месторождениях небольшой и средней

мощности; использование крупнокускового закладочного материала (отвальной породы) экономит вяжущий раствор и снижает затраты на подготовку заполнителя (его дробление).

Среди нескольких вариантов применения полураздельного способа в случае гипсовых шахт наиболее рациональной является конвейерная схема.

Впервые способ применили на Алтын-Топканском руднике, затем на трех свинцово-цинковых рудниках ПНР, применяющих камерно-столбовую систему разработки, в Австрии, Австралии, Италии и других странах. На шахте породу из закладочного бункера автосамосвалами подают на дробильную установку, затем конвейером в склад для закладочного материала, расположенный во вспомогательном бункере, где установлена телекамера. Конвейер оборудован весами. Из склада материал по породоспуску поступает на подземный конвейер, снабженный в пункте погрузки телекамерой. С главного конвейера закладочный материал подается участковыми конвейерами в отработанные камеры. Вяжущий раствор из отходов горного производства, воды, цемента и шлака разбрызгивается по породе в момент ее падения с конвейера в камеру, в результате чего получается равномерная по качеству цементирования масса. [4]

Перед началом формирования массива для предохранения горных выработок от проникновения закладки и раствора, а также создания дренажа и отвода воды из закладочного массива возводят перемишки, которые должны выдержать давление раствора.

Применяют при камерно-столбовой системе разработки из-за большого сечения камер бетонные и железобетонные перемишки. Закладку подают частями до покрытия перемишки на 1,3—1,5 ее высоты.

Железобетонные перемишки — рассчитывают как плиты, защемленные по контуру (рис. 1.) и свободно опертые по контуру. [3]

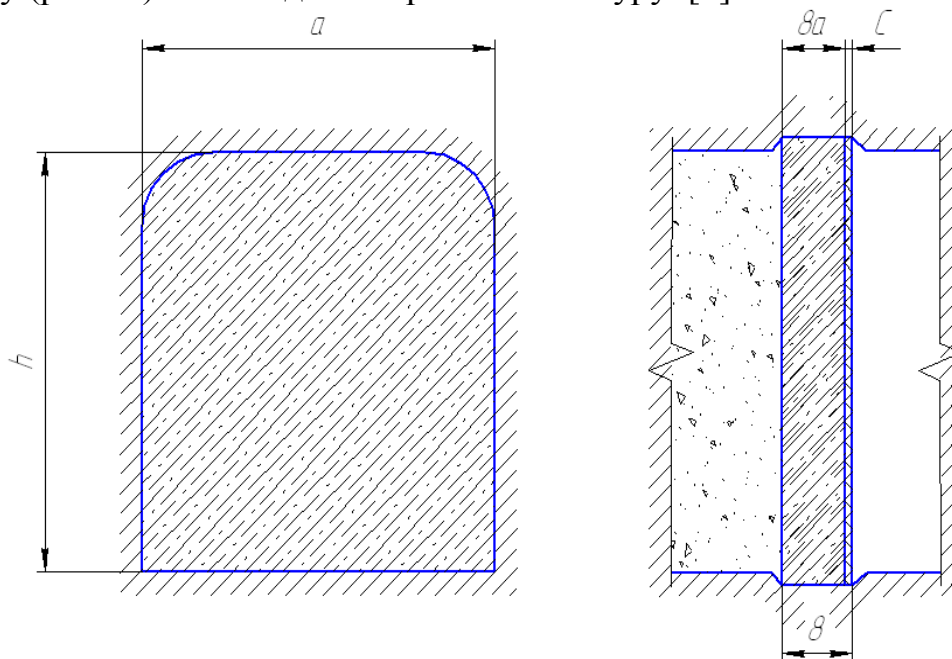


Рис. 1. Конструкция железобетонной изолирующей перемишки, защемленной по контуру

Давление на перемычку

$$P = p_n H_n \quad (1)$$

где  $p_n$  — давление, создаваемое столбом пульпы высотой 1 м, МПа;  $H_n$  — разность отметок между горизонтом установки перемычки и уровнем пульпы после остановки закладочных работ, м.

Расчет железобетонных перемычек сводится к определению толщины активной части бетонной перемычки и площади поперечного сечения арматуры.

Максимальные изгибающие моменты определяют по формулам:

$$M_1 = \frac{Pa^2}{Y_1} \quad (2)$$

$$M_2 = \frac{Ph^2}{Y_2} \quad (3)$$

где  $a$  — ширина перемычки, м;  $h$  — высота перемычки, м;  $Y$  — табличный коэффициент.

Расчетный максимальный изгибающий момент:

$$M_p = k' M_{\max} \quad (4)$$

где  $k' = 3,0$  коэффициент перегрузки;  $M_{\max}$  — наибольший из вычисленных изгибающих моментов по сечениям.

Предел прочности бетона на сжатие при изгибе

$$\sigma_H = K_\delta [\sigma_H] \quad (5)$$

где  $K_\delta$  — коэффициент однородности материала. Для бетона М300÷М600  $K_\sigma = 0,6$ ; для остальных марок  $K_\sigma = 0,55$ ;  $[\sigma_H]$  — нормативный предел прочности бетона на сжатие при изгибе, МПа.

Толщина активной части бетонной перемычки

$$\delta_a = 2,8r \sqrt{\frac{M_p}{1,1b}} \quad (6)$$

где  $r$  — табличный коэффициент;  $b$  — ширина сечения, м

Полная толщина перемычки

$$\delta = \delta_a + C \quad (7)$$

где  $C$  — толщина защитного слоя (принимается  $C = 5 \div 7$  см).

**Выводы.** 1. При формировании искусственных целиков в камерах гипсовой шахты с использованием твердеющей закладки полураздельным способом, важное значение, имеет смешивание раствора с заполнителем, которое можно довольно качественно осуществлять в процессе выгрузки и размещения материалов в выработанном пространстве.

2. В процессе размещения заполнитель делится по крупности: более крупные куски располагаются по периферии отсыпаемого конуса, где формируется зона

с повышенной пустотностью материала. В этой зоне концентрируется вязущий раствор, что обеспечивает устойчивость создаваемых целиков при больших сечениях камер.

3. Качество закладки в камерах большого сечения зависит от прочности и надежности возводимых железобетонных перемычек. Железобетонные перемычки, удерживающие закладку, следует рассчитывать как плиты, заземленные по контуру и свободно опертые по контуру.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ovidiu Stefan, Grigore Buia (Romania) The Use of the Underground Spaces for Fuel and Waste Disposal at Sasar Mine – Romania – Case Study // International Symposium on Geotechnological Issues of Underground Space Use for Environmentally Protected World 2001, NMUU, Dnipropetrovsk 2002. - p.345-347

2. Dudla Mykola (Poland) Selected Examples of Old Underground Mines Utilization // International Symposium on Geotechnological Issues of Underground Space Use for Environmentally Protected World 2001, NMUU, Dnipropetrovsk 2002. - p. 361-363

3. Закладочные работы в шахтах: Справочник/3-11 Под ред. Д.М. Бронникова, М.Н. Цыгалова. – М.: Недра, 1989. – 400с.

4. Совершенствование технологии добычи руд с закладкой (на рудниках Казахстана). - Алма-Ата. Наука. 1986.-146 с.

УДК 622.831.1

*Соколовский В.И., инж., Борщевский С.В., д.т.н., проф. Гончаренко В.В., студ., ДонНТУ, Донецк, Украина*

### **К ВОПРОСУ О ГЕОМЕХАНИКЕ РАЗРУШЕНИЯ И УКРЕПЛЕНИЯ ПОРОД ВОКРУГ НАКЛОННЫХ СТВОЛОВ**

Ряд угольных шахт Донбасса еще ведут отработку запасов угля с использованием наклонных стволов. В качестве примера, можно привести шахту им. 60-летия Великой Октябрьской Социалистической революции (ВОСР), №22 «Коммунарская» ш/у «Донбасс», шахты «Донпромбизнес», «Юзов», «Эксимэнерго» и др. Учитывая, что горные работы ведутся на глубинах 300-800 м при угле наклона стволов 8-15 градусов их протяженность достаточно большая и достигает 1400-3058 м (шахта им. 60-летия ВОСР).



Оценивая литолого-геомеханические особенности эксплуатации стволов надо указать на такие особенности:

1) вмещающие породы характеризуются высокой степенью сложности с преимущественным наличием пород на глинистых цементах;

2) механическая неоднородность породного массива проявляется в большой вариации прочности пород на сжатие и растяжение:  $50 < \sigma_{сж} < 110$  МПа;  $3,8 < \sigma_{р} < 10,7$  МПа;  $2,4 < \sigma_{р}^+ < 4,1$  МПа;

3) величина коэффициента размокания пород около 0,8, а форма разрушения первая;

4) породы непосредственной кровли по устойчивости относятся к категории Б<sub>1</sub>-Б<sub>4</sub>;

5) основная кровля по обрушаемости относится к категории А<sub>2</sub>;

б) породы почвы сложены «кучерявчиком», сланцами и песчаником.

Оценивая геотехническое состояние наклонных стволов, следует указать, что несоответствие паспорту крепления на отдельных участках различное. В среднем по протяженности паспорту не соответствует 4,6-5,8%. Прослеживаются отдельные участки, где имеет место существенное деформирование крепи (2,3-3,7%), что требует ее ремонта. В таких случаях имеет место расслоение пород над стволом, иногда наблюдается разрушение затяжки обрушившимися породами.

Для изучения особенностей разрушения породного массива над наклонным стволом проведены электрометрические измерения с использованием аппаратуры и методики изложенной в [1]. Профилирование по шпурам проведено зондом на глубину до 3,0. Поскольку глубина проникновения низкочастотного электрического поля в породный массив составляет 0,3-0,4 м, что значительно больше диаметра шпура и меньше расстояния от зонда до металлокреп, то обеспечивается достаточная помехоустойчивость диагностирования. Шпуры бурили по своду ствола с различным шагом расположения. Результаты электрометрических измерений приведены на рис. 1 и 2.

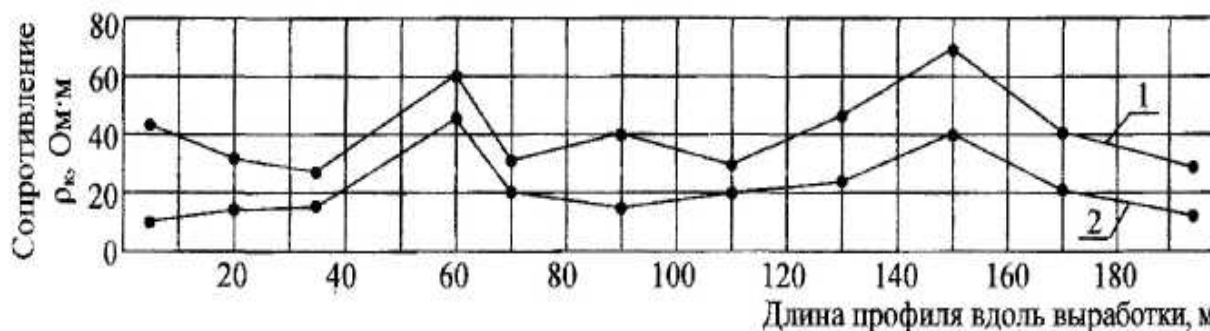


Рис. 1. Данные шпуровой электрометрии по кровле вдоль наклонного ствола шахты 60-летия ВОСР: 1 - на глубине 1,0 м; 2 - на глубине 3,0 м

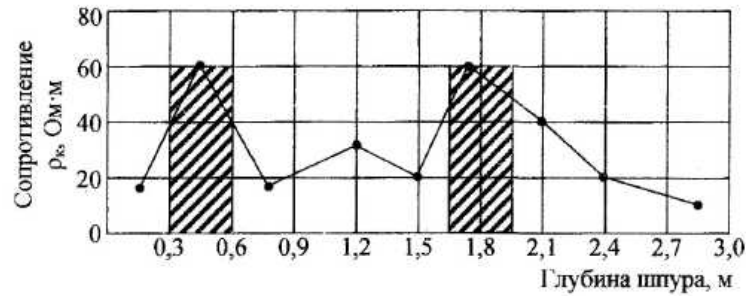


Рис. 2. Данные электрометрии по шпуру в своде ствола

На рис. 1 даны значения сопротивления (Омм) по длине наклонного ствола (фрагмент показан для 200 м). Анализ результатов позволил установить следующую особенность: по длине ствола на каждые 100 м проявляется одна депрессия (аномалия) по величине значения сопротивления. Это участки большего расслоения пород. Анализ данных на рис. 2 показывает другую особенность: вглубь массива отмечается две зоны повышенного сопротивления - одна в пределах 0,4-0,6 м и другая на удалении 1,6-1,9 м от контура выработки. Следовательно, вокруг ствола формируется две круговые аномальные зоны по расслоению пород. По результатам измерений были вычислены коэффициенты трещиноватости породного массива, значения которых приведены в табл. 1. Придерживаясь терминологии согласно [2], такой массив можно рассматривать как связнонарушенный, а по величине коэффициента трещиноватости как содержащий две трещинные зоны, опоясывающие ствол в среднем на удалении 0,5 м и 1,75 м.

Таблица 1

Изменение коэффициента разрыхления пород в кровле вглубь массива

Номера шпуров	Глубина диагностирования, м							
	0,5	0,7	1,2	1,5	1,7	2,1	2,4	2,8
1	1,16	1,10	1,12	1,11	1,15	1,13	1,09	1,08
2	1,14	1,09	1,11	1,10	1,13	1,11	1,10	1,07
3	1,13	1,08	1,10	1,09	1,14	1,12	1,11	1,08

Резюмируя изложенное можно заключить, что геомеханика разрушения пород над наклонными стволами связана в первую очередь, с расслоением пород в сводовой части выработки. Отсюда вытекает практический вывод: повышение устойчивости стволов может быть достигнуто цементационно-тампонажным упрочнение породного массива. Исходя из этой предпосылки, будут обоснованы параметры тампонажа породного массива вокруг ствола вязкопластическими растворами.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Булат А.Ф. Методическое пособие по комплексной геофизической диагностике породного массива и подземных геотехнических систем // А.Ф. Булат, Б.М. Усаченко, В.Н. Соколовский / Днепропетровск, ИГТМ НАН Украины, 2004. - 75 с.

2. Виноградов ВВ. Геомеханика управления состоянием массива вблизи горных выработок. - К.: Наук, думка, 1989. - 192 с.

УДК 622.062

*Бровко Д.В., канд. тех. наук, доц., Хворост В.В., аспирант, Криворожский технический университет*

### **ДИНАМИКА ТРАНСПОРТЕРНЫХ ГАЛЕРЕЙ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА НА ОБЛЕГЧЕННЫЕ ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ**

Актуальность работы – установление закономерностей изменения динамических характеристик транспортерных галерей при реконструкции и усовершенствовании их конструкций.

Объект исследований – металлические конструкции транспортерных галерей, работающие в сложных условиях горной промышленности и в условиях экстремальных режимов работы подъемных установок.

Внедрение – на горнодобывающих предприятиях Криворожского бассейна.

Транспортерная галерея представляет собой инженерное сооружение, предназначенное для установки ленточных конвейеров над поверхностью земли на заданной высоте и с заданным уклоном. Она состоит из пролетных строений, опорных стоек и размещенных внутри галереи ленточных конвейеров.

Нами был выполнен анализ состояния несущих и ограждающих конструкций галерей на предприятиях горно-металлургического комплекса Кривбасса.

К основным повреждениям несущих конструкций можно отнести коррозионный износ, причинами которого является:

- Долговременная эксплуатация конструкций галереи без своевременного ремонта конструкций, полов, гидроизоляции пола, антикоррозионной защиты.
- Попадание воды гидросмыва на нижние участки решетки ферм.
- Нарушение правил эксплуатации конструкций выразившееся в том, что

просыпь возле крайних ферм практически не убирается и аккумулирует в себе влагу.

- Некачественная гидроизоляция пола.
- Конструкции перегружены в связи с тем, что просыпь практически не убирается в зоне решетки ферм.

К основным повреждениям ограждающих конструкций можно отнести:

- Разрушение защитного слоя бетона с частичным оголением и коррозией арматуры.
- Вспучивание и разрушение панелей с оголением и коррозией арматуры
- Следы фильтрации воды, вымывание цементного камня.
- Трещины и растрескивание.
- Разрушение вертикальных и горизонтальных швов между стеновыми панелями.
- Отсутствие фартуков из оцинкованной стали в местах примыкания кровли к стенам.
- Наплывы бетона.
- Сквозные отверстия между полом и стеной.
- Скопление пыли и просипи.
- Разрушение гидроизоляции пола.

В современном строительстве самое широкое распространение получили галереи балочного типа с разрезным пролетным строением, выполняемым в виде опирающегося на внешние опоры пространственного бруса. В последние годы наметилась тенденция к снижению массы пролетных строений галерей при их реконструкции. Это достигается за счет использования остаточной несущей способности конструкции и применения современных легких и долговечных материалов.

При переходе на облегченные ограждающие конструкции существует большая вероятность возникновения такого явления как резонанс. Явление резонанса может привести если не к аварийной ситуации, то к нарушению технологического процесса.

На рис. 1 показана схема приведения пролетного строения галереи к расчетной модели для расчета с помощью вычислительного комплекса SCAD.

Для расчета мы создали с помощью вычислительного комплекса SCAD динамически эквивалентные модели основных типов ферм транспортных галерей (рис. 2). На этих моделях смогли воссоздать работу конвейера и поведения конструкции в целом. Проанализировав полученные экспериментальные данные, были выведены ряд зависимостей которые отображены на графиках (рис. 3, 4, 5).

Как видно из графика (рис. 3) с уменьшением массы галереи частота собственных колебаний растет и в конечном итоге частота вынужденных колебаний попадает в зону резонанса. В свою очередь с увеличением собственной частоты колебаний амплитуда перемещений возрастает (рис. 4).

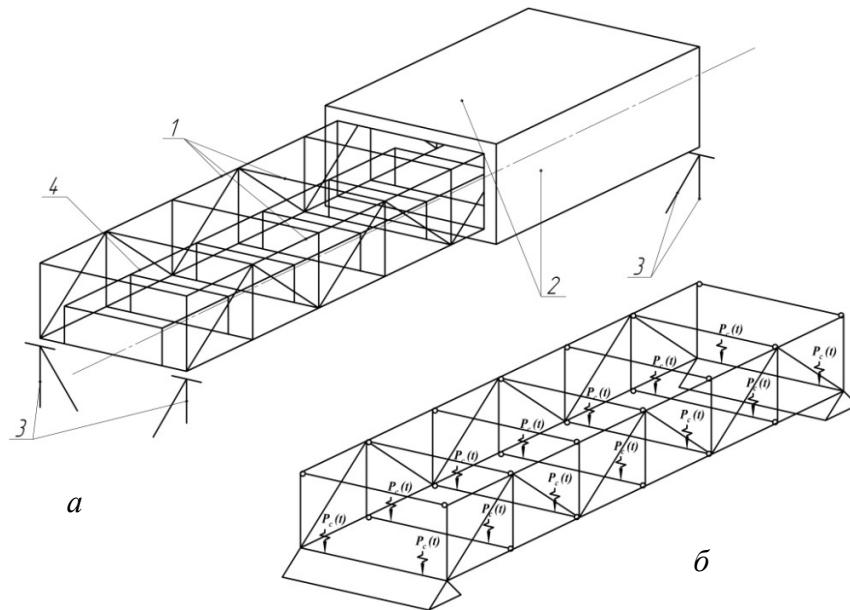


Рис. 1. Схема приведения пролетного строения галереи к расчетной модели: а – пространственная схема конструкций; б – динамически эквивалентная расчетная модель-схема; 1, 2 – несущие и ограждающие конструкции пролетного строения; 3 – опоры пролетного строения; 4 – станина (рама) конвейера.

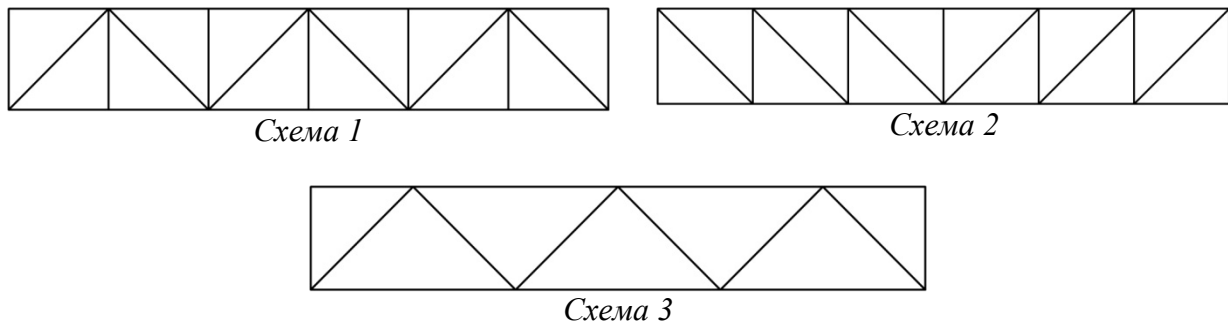


Рис. 2. Расчетные схемы ферм.

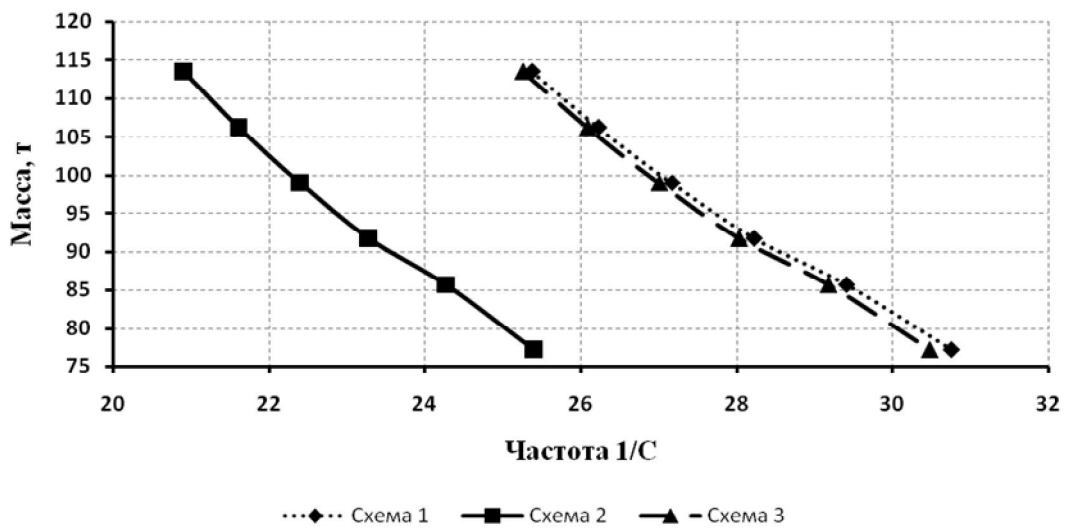


Рис. 3. Зависимость частоты от массы

Полученные значения амплитуды перемещений значительно превысили предельно допустимые значения (согласно СН 245-71). Таким образом, вибрация ферм может быть опасной для здоровья персонала.

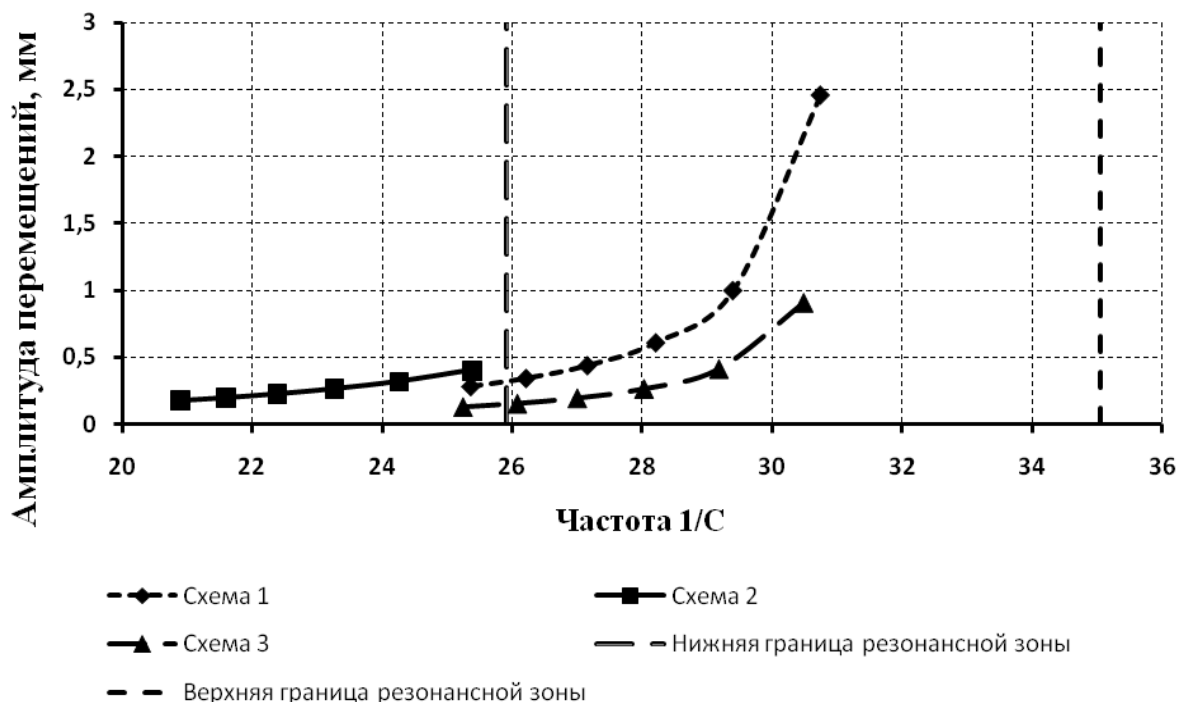


Рис. 4. Зависимость амплитуды от частоты колебаний

Также увеличение частоты колебания приводит к резкому возрастанию усилий (рис. 5) в элементах фермы, что может привести к усталости конструкции.

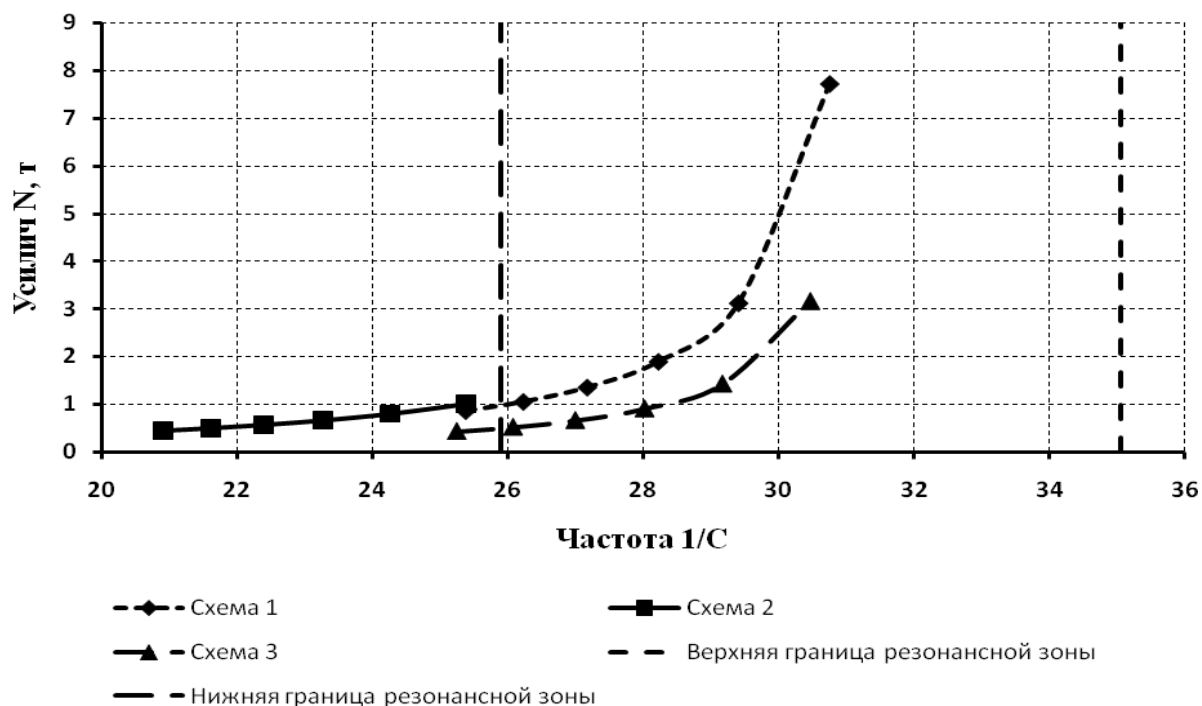


Рис. 5. Зависимость усилий от частоты колебаний

Проанализировав представленные зависимости, построенные по результатам проведенных исследований, можно сделать следующие выводы:

- При реконструкции объектов необходимо производить вибродинамическое обследование строительных конструкций.
- В перечень работ по обследованию должны входить теоретические и экспериментальные исследования с составлением динамических паспортов для последующей оценки технического состояния конструкций.
- Доказано, что характерные для промышленных зданий источники динамического воздействия могут существенно ухудшать эксплуатационные качества таких объектов.
- Для упрощения расчетов и проектирования при проведении реконструкции транспортных галерей поверхности горных предприятий необходимы внесения корректировок в методику расчета и проектирования. Для этого необходимо дальнейшее проведение теоретических исследований и расчетов собственных и вынужденных колебаний рассмотренных конструкций.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник проектировщика "Динамический расчет сооружений на специальные воздействия" Под ред. Б.Г.Коренева, И.М.Рабиновича М.: Стройиздат. 1981. 215с.
2. Аронов Р. И. Испытание сооружений. М. Изд. Высшая школа, 1974. 187 с.
3. СН 245-71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
4. СНиП 2.01.07-85 НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ. ВЕРТИКАЛЬНЫЕ ПРЕДЕЛЬНЫЕ ПРОГИБЫ.
5. Руководство по проектированию транспортерных галерей / Ленингр. Промстройпроект Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1979. – 104 с.

УДК 622.20.04

*Логунов Д.М., асп., каф. СГМ, НГУ, г. Днепрпетровск*

#### **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДЗЕМНОГО ТЕРМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА**

##### **Актуальность работы.**

Тепло Земли является одним из наиболее перспективных источников энергии будущего. Но на сегодня им в основном пользуются частные застройщики, а не крупные компании, осуществляющие электроснабжение регионов.

Геотермальная энергия, как называют внутреннее тепло Земли, используется в качестве альтернативной энергии. Расходы на ее производство зависят от региона. В вулканических областях или регионах с горячими термальными источниками можно просто пробурить скважину к грунтовым водам. Водяной пар поднимается вверх и поступает в сеть централизованного теплоснабжения или на турбины, приводящие в действие генераторы.

Получение геотермальной энергии в настоящий момент настолько развито, что с помощью тепла Земли можно отапливать даже жилые дома. При этом геотермальные установки могут не только согревать зимой, но и охлаждать дома летом.

В Швеции почти 90% новых зданий отапливается с помощью скважин, из которых тепло поступает в квартиры. В Германии за последний год застройщики подали около 12 тыс. заявок на геотермальные установки, год спустя количество заявок на бурение составило уже 28,5 тыс. Небольшая теплоэлектростанция в саду около дома стоит около 20 тыс. евро.

Наиболее распространено использование тепла Земли в Исландии. Благодаря энергии, извлеченной из подземных глубин, эта страна покрывает более пятой части своих потребностей электроэнергии. Крупные проекты существуют также во французском Эльзасе, в итальянской Тоскане и Японии. Германия также поддерживает строительство геотермальных установок в Чили и Танзании в рамках технического сотрудничества. С 1954 года функционирует такая установка в Кении. Правительство страны намерено увеличить мощность данной установки в два раза, до 2 тыс. мВт.

Данная работа предполагает создание подземного термального комплекса промышленного типа, который будет вырабатывать энергию не для отдельного дома, а как минимум для жилого комплекса или поселка. В связи с тем, что Украина не относится к регионам с наличием естественных термальных вод, для получения тепла предусматривается постройка комплекса выработок на больших глубинах, соизмеримых с горизонтами глубоких шахт.

Рассматривается возможность создания термального комплекса на базе выработок отработанных угольных шахт. Это позволит сэкономить деньги на закрытии отработанных горных предприятий и положительно скажется на экологической обстановке горнодобывающих регионов.

Подземный термальный комплекс условно можно разбить на три части: выработки, служащие для отбора тепла из приконтурного массива, выработки, служащие для транспортировки теплоносителя к месту переработки, и комплекс выработок, располагающих в себе станцию по переработке тепловой энергии в электрическую. Неиспользованное тепло предполагается выдавать на поверхность и использовать для отопления производственных помещений.

Отбор тепла и перенос его к месту переработки предполагается осуществлять по принципу «теплового насоса». То есть, нагретое до температуры горных пород рабочее тело подвергается дополнительному нагреву, после чего в парообразном состоянии попадает в место переработки и,



вращая турбину, вырабатывает электроэнергию. После этого теплоноситель конденсируется и возвращается по замкнутому контуру на нижние горизонты для нагрева. Дополнительный нагрев теплоносителя, в зависимости от его свойств, производится созданием дополнительного давления либо разрежения в системе.

**Цель работы** – обоснование геомеханических параметров охранных целиков между выработками подземного термального комплекса, при которых обеспечивается их долговременная устойчивость и эффективный теплоотбор из окружающих пород.

**Идея работы** заключается в совокупном учете геомеханических параметров целиков и термодинамических параметров теплоотдачи горных пород при заложении выработок подземного термального комплекса.

**Объект исследований** – напряженно-деформируемое состояние породного массива в окрестности выработок глубокой шахты, охраняемых целиками.

**Предмет исследований** – устойчивость охранных целиков выработок подземного термального комплекса.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие основные задачи:

- анализ и обобщение литературных источников по нетрадиционным возобновляемым источникам энергии, принцип работы которых основан на использовании или преобразовании тепла;
- расчет количества и интенсивности тепла, выделяемого горными породами в выработки шахт, на угольных предприятиях Украины;
- обоснование параметров работы теплоносителя в термальном комплексе;
- обоснование технологических параметров подземного термального комплекса, влияющее на выбор конфигурации расположения выработок в пространстве, обоснование их рациональной формы и размеров, выбор и расчет крепи;
- оценка напряженно-деформируемого состояния геомеханической системы «породный массив-выработка-крепь-целик» для обоснования геомеханических параметров целиков;
- совокупный анализ геомеханических и термодинамических показателей работы комплекса.

Температура горных пород увеличивается примерно на  $10^{\circ}\text{C}$  на каждые 100 метров глубины. На рабочих горизонтах глубоких шахт западного Донбасса температура окружающих пород достигает  $70^{\circ}\text{C}$ . В рамках работы предполагается рассчитать суммарное количество энергии, выделяемой горным массивом в выработку за заданную единицу времени.

Работа теплоносителя будет заключаться в отборе тепла из приконтурного массива выработки и переносе его к месту утилизации. Основным требованием, предъявляемым к рабочему телу, является высокая теплоемкость. Планируется подбор состава рабочего тела, свойства которого

будут оставаться без изменений длительное время и сохранять достаточную для заданных условий теплоемкостью.

К выработкам, служащим для отдачи тепла породного массива теплоносителю, предъявляются отдельные требования. При достаточно большой площади теплового излучения, они должны обладать высоким уровнем устойчивости, способным сохраняться в течении долгого времени. При этом пространственная конфигурация сети выработок будет проектироваться с учетом законов термодинамики, для максимально эффективного отбора тепла с минимальной площади породного массива. Основными требованиями к крепи будут являться устойчивость к коррозии, минимальная сопротивляемость движению теплоносителя и долговременная устойчивость без внешнего вмешательства.

При комплексном подходе к проектированию подземного предприятия по утилизации тепла необходимо рассмотреть геомеханическую систему «породный массив-выработка-крепь-целик». Охранные целики являются неотъемлемой частью комплекса выработок подземного термального комплекса и служат для обеспечения их долговременной устойчивости. Определение параметров их заложения и размеров является основной задачей исследований.

Расчет параметров подземного термального комплекса невозможен без совокупного анализа геомеханических и термодинамических показателей. В процессе исследований планируется увязывать данные по этим двум направлениям. То есть, необходимо обеспечить максимальный отбор тепла при минимальной площади выработок в течение максимально долгого отрезка времени с минимальным количеством ремонтно-профилактических работ.

### **Выводы:**

Количество мировых запасов энергоносителей, с развитием технологий и активным увеличением объемов производства в разных отраслях стремительно сокращается, что порождает необходимость поиска альтернативных источников энергии.

Одним из перспективных направлений в альтернативной энергетике, получивших серьезную поддержку мирового сообщества, является использование тепла земных недр.

Определены цели, задачи, основная идея и методы исследований. Для решения поставленных задач планируется использовать комплексный подход к исследованиям, включающий в себя: обобщение и анализ литературных источников и готовых практических решений по теме работы; численное моделирование для расчета параметров сети горных выработок; комплекс экспериментов по изучению теплопроводящих и износостойчивых свойств материалов.

УДК 624.191.2

*Стовпник С.Н., инж., Денисова Л.В. студ., каф. ГиГТ НТУУ «КПИ», Киев*

## **МИКРОТОННЕЛИРОВАНИЕ - СОВРЕМЕННЫЙ МЕТОД БЕСТРАНШЕЙНОЙ ПРОКЛАДКИ ПОДЗЕМНЫХ КОММУНИКАЦИЙ**

Как показывают исследования объемов подземных городских коммуникаций, в малых и средних городах около 70 % коммунальных тоннелей имеют диаметр до 600 мм. Проходку такого количества тоннелей малого диаметра целесообразно осуществлять применяя передовой метод микротоннелирования.

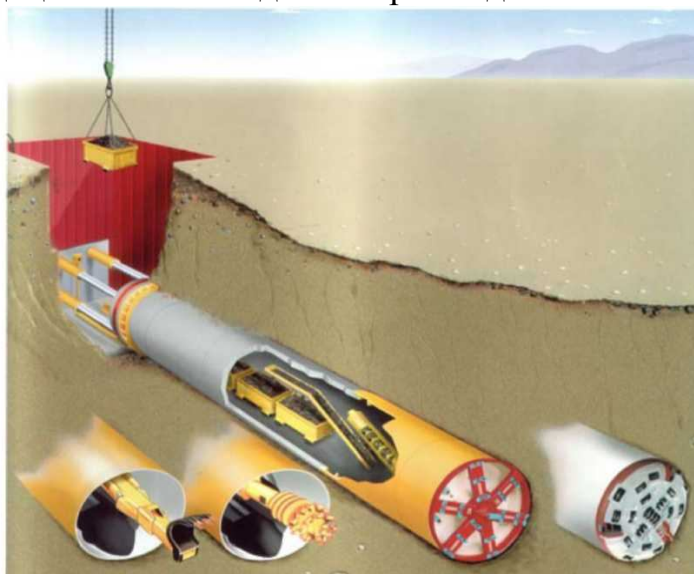
Это один из перспективных методов прокладки подземных коммуникаций в любых условиях, в том числе в районах исторической застройки города. Технология микротоннелирования позволяет прокладывать трубопроводы в грунтах любой категории – от неустойчивых суглинков и водоносных песков до скальных пород. В зависимости от категории грунта подбирается соответствующий режущий орган проходческой машины, что позволяет добиться оптимальных скоростей и параметров проходки.

При микротоннелировании отсутствуют работы по водопонижению при проходке в сложных геологических условиях с уменьшением стоимости строительства на 30%; скорость проходки увеличивается в 8-10 раз; данный метод позволяет вести работы под исторической частью города, зданиями и сооружениями без нарушения благоустройства и несущей способности грунтов на глубине до 30 метров; обеспечение строительства трубопроводов без вскрытия поверхности обеспечивает безопасные условия при производстве работ и не нарушает городскую среду и движение транспорта; работы ведутся бесшумно и без вибрации; полностью исключается ручной труд при проходке и нахождение людей в забое (управление комплексом осуществляется одним оператором из контейнера управления, находящегося на поверхности); окружающая среда и сложившаяся инфраструктура города не подвергаются повреждению в процессе ведения работ; обеспечивается высокая точность траектории проходки с лазерным наведением; существующие подземные коммуникации не повреждаются;

МТПК оборудование выпускается в двух модификациях: для обводненных и для сухих грунтов (рис. 1). В состав МТПК входят: 1- силовая домкратная станция; 2 - управляемая проходческая машина; 3 - секции продавливаемой трубы (рабочая труба); 4 - трубопровод для подачи бентонита; 5- трубопровод для выдачи пульпы из забоя; 6 - насос для транспорта пульпы; 7 -насос для подачи бентонита;8- сепарационная установка; 9- пульт управления МТПК; 10 – установка для приготовления бентонита.

Подавляющее распространение микротоннелирования в подземном строительстве ставит перед городским хозяйством важный вопрос о надежности и долговечности коммунальных тоннелей, сооружаемых этим способом. Отсутствие (в связи с коротким сроком эксплуатации) статистических данных о количестве и характере отка-

зов сооружений, пройденных с применением микротоннелирования, не позволяет решать проблему традиционными методами теории надежности.



б)

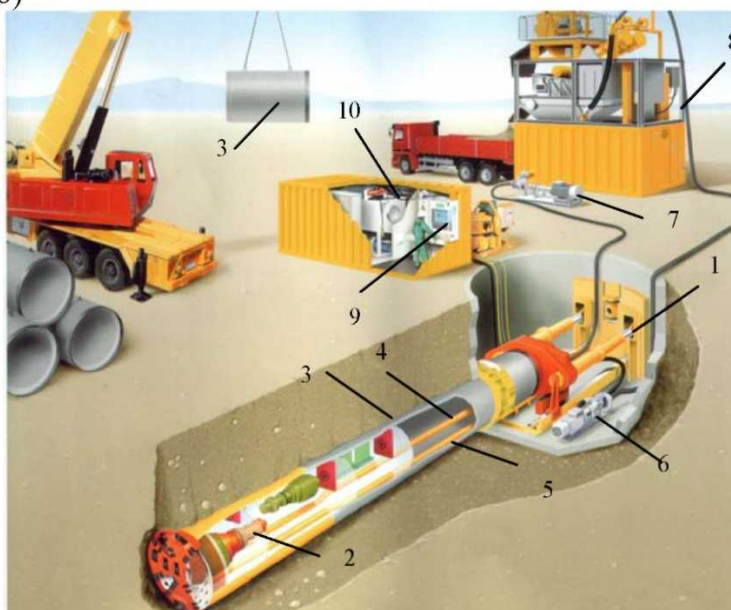


Рис.1. Микротоннелепроходческие комплексы (МТПК): а) для сухих грунтов; б) для обводненных грунтов

Учитывая, что более 96% протяженности коммуникационных тоннелей составляют стальная и железобетонная обделка, наиболее важными факторами, определяющими долговечность этих конструкций, является их коррозионная стойкость. Расчеты скорости корродирования стальных труб, карбонатизации бетона и механического истирания лотковой части обделки показали, что срок службы конструкции составляет более 80 лет.

Геотехнические проблемы возникают и в период ведения работ по бестраншейной проходке железобетонных канализационных коллекторов с помощью микрощита при наружном диаметре тоннеля 1,5 м. Как показывают результаты математического моделирования, а также зарубежный и отечествен-

ный опыт строительства коллектора, при проходке щита на глубине 6...7 м вначале деформируется поверхность перед ним - в виде подъема грунта до 2...6 мм, а затем происходит осадка грунта на величину до 5...6 мм (рисунок 2).

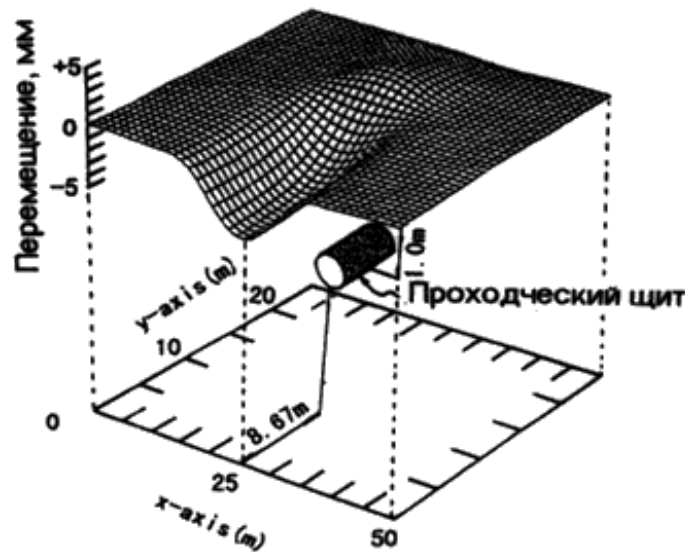


Рис. 2. Схема деформации поверхности грунта, по данным математического моделирования

Отмеченный характер деформаций грунтовой поверхности вдоль оси движения микрощита объясняется технологическими условиями работы данного механизма. В забое создается избыточное давление, которое противодействует внешнему природному давлению грунта и грунтовой воды на глубине проходки (рис. 3).

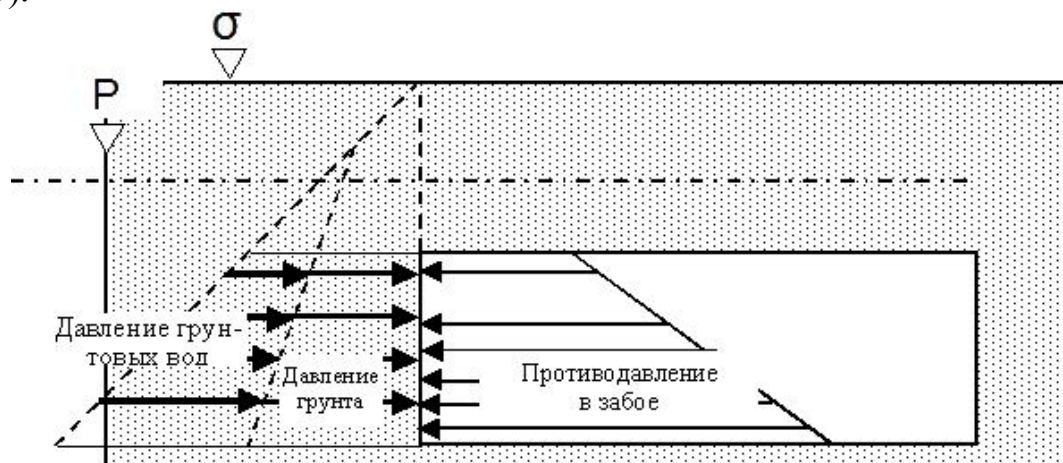


Рис. 3. Схема давлений, действующих в забое при работе микрощита

В результате, как показывают расчеты [1], перед трубой и в направлении дневной поверхности появляются траектории преимущественного движения частиц грунта вверх, что объясняет возникающий подъем грунтовой поверхности (рисунок 4,а). При дальнейшей разработке грунта и небольшом его переборе частицы грунта возле щита движутся в направлении противоположном первоначальному, и на поверхности грунта появляются области с развитием осадочных явлений (рисунок 4,б).

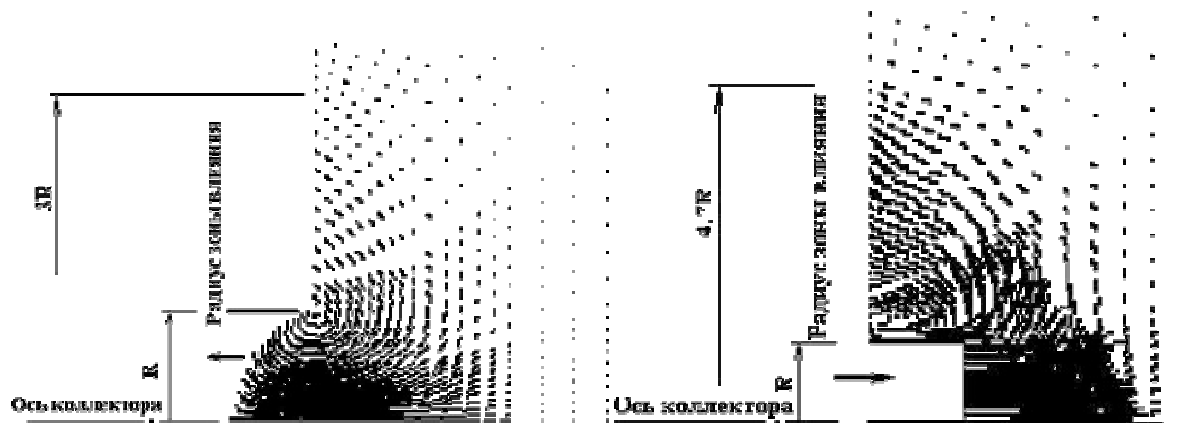


Рис.4. Расчетные траектории движения частиц грунта на забое микроцинта при проходке коллектора бестраншейным способом: а - при опережающем вдавливании по сравнению с разработкой грунта; б - при переборе грунта на забое проходки

Таким образом, проходка микротоннеля в условиях слабых сильносжимаемых и водонасыщенных грунтов, требует тщательного геотехнического расчетного обоснования на стадии проектирования и должна производиться под контролем специалистов-геотехников.

Знания и опыт строительства подземных сооружений, показывают высокую эффективность применения бестраншейных технологий с использованием современных управляемых микротоннелепроходческих комплексов. Эти технологии позволяют вести работы практически в автоматическом и полуавтоматическом режиме без присутствия людей в забое.

Вместе с тем следует отметить, что объемы строительства по этим технологиям в Украине пока остаются незначительными из-за отсутствия достаточного количества проходческих комплексов оборудования ввиду его высокой стоимости, тем самым откладывается решение проблем, которые стоят уже сегодня перед городом.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Улицкий В.М., С.И.Алексеев, С.В.Ломбас Использование современных технологий при реконструкции городских инженерных сетей. Тетрадь N1, 2001.
2. Газетдинов Г.М., Улицкий В.М., Парамонов В.Н., Шашкин А.Г., Заварзин Л.Г., Тихомирова Л.К. Проходка микротоннелей в условиях плотной городской застройки /Подземный город: геотехнология и архитектура. -Тр.международной конф. СПб, 1998. С.358-363.
3. Лернер В.Г., Петренко Е.В. Систематизация и совершенствование технологий строительства подземных объектов. - М.: ТИМР, 1999.
4. Руководство по применению микротон-нелепроходческих комплексов и технологий микротоннелирования при строительстве подземных сооружений и прокладке коммуникаций закрытым способом. - М.: Изд. Правительства Москвы, 2004.

УДК 622.692.24

*Солодянкин А.В., д.т.н., доц., Солодянкина О.А., м.н.с., Кузнецова А.Н., студ., каф. СГМ, НГУ, г. Днепрпетровск*

## **АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫРАБОТК ПРИ ПЕРЕСЕЧЕНИИ ЗОН ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ**

Развитие общества происходит благодаря постоянному противоречию между желанием получать какие-то новые материальные или духовные ценности и ограничениями, обусловленные существующим уровнем развития техники и технологий.

Современный мир сильно изменился благодаря бурно развивающимся технологиям во всех областях науки и техники. Многие, что еще лет 10-20 назад казалось невозможным, сегодня считается уже привычным и обыденным. Это в полной мере относится к строительным материалам и технологиям, что позволяет реализовывать самые разные проекты и невероятные идеи.

Характерным для настоящего времени является появление проектов реконструкции как отдельных зданий, так и целых их комплексов и кварталов. И, как правило, одно из направлений реконструкции и повышения эффективности эксплуатации существующих площадей связано с использованием подземного пространства. В качестве примеров можно привести проект реконструкции Уральского геологического музея [1], Национальной академии наук Украины [2] и др. Эти проекты, с одной стороны разрешают назревшие проблемы, вызванные развитием города, с другой стороны – дают новые возможности в части благоустройства, комфорта территорий и новых функций зданий и дополнительных площадей.

Национальный горный университет последние 15 лет активно развивается. Повилось много новых направлений обучения и специальностей. Выросла численность студентов и профессорско-преподавательского состава. Серьезно изменились формы обучения. Значительно возросла информационная компонента обучения, развиваются научные направления, многократно увеличилось количество внешних связей университета с партнерами из ближнего и дальнего зарубежья, новые черты приобрели и многие другие стороны жизни университета. В 2009 Национальному горному университету присвоен статус национального автономного исследовательского университета, что ставит перед ним серьезные задачи и, в первую очередь, в научно-исследовательской деятельности. Весь этот комплекс нововведений и преобразований требует новых функциональных возможностей от вуза, соответствие нового статуса и положения заведения его внешнему виду и внутреннему устройству.

В настоящее время на кафедре строительства и геомеханики рассматривается проект реконструкции территории и зданий Национального горного университета (рис. 1). Необходимость и целесообразность такого проекта предпопре-





Вторая часть здания – этажи, находящиеся внутри первого корпуса. Третья часть здания – этажи, расположенные над крышей первого корпуса, видимые снаружи. Большая высота здания позволяет реконструировать крышу, накрыв внутреннюю часть первого корпуса и за счет применения прозрачных пластиковых кровельных материалов обеспечить естественное солнечное освещение (атриумное пространство).



*Рис. 2. Национальный горный университет. Корпус № 1 и № 11*

Пропорции, цвет и дизайн стен внутреннего здания, а также внутренних стен старого корпуса, должны обеспечить ощущение свободного, открытого пространства, а живые цветы, деревья и кустарники во дворе, вьющиеся растения на стенах старого здания, фонтаны и декоративные водопады в угловых зонах внутреннего двора создадут прекрасную рекреационную зону для сотрудников и студентов НГУ действующую в любое время года.

Первый этаж внутреннего здания – современный конференц-зал. Отсутствие современных конференц-залов в Днепропетровске и Киеве отмечают ведущие архитекторы [2]. Внутреннее пространство рассматриваемого зала должно быть универсальным и мобильным для выполнения различных функций (зал заседаний, форумов и собраний, кинозал, сцена театрализованных представлений, площадка для танцевальных (бальных) вечеров и др. Это достигается применением различных технических решений – выдвигаемая сцена, мобильные места для зрителей, наличие компактного балкона по периметру зала. Применение для здания каркасно-монолитной технологии строительства позволяет реализовать идею совмещения и объединения внутреннего пространства конференц-зала и внешнего (внутренний двор корпуса № 1) за счет максимального доступа внутрь здания. Этажи здания, расположенные выше конференц-зала, используются для размещения лекционных аудиторий, комнат для проведения лабораторных и практических занятий.

Особое место по архитектуре и внутреннему дизайну занимает расположенный непосредственно над уровнем крыши читальный+интернет зал, 4-х этажный, но единый по пространству за счет проемов в перекрытиях, функционирующий круглосуточно, использующийся так же и для проведения семинарских и практических занятий. Обилие размещенных в зале зеленых растений, цветов, создаст иллюзию нахождения в летнем лесу.

Самый верхний этаж используется как смотровая площадка и оборудован оптическими приборами для наблюдений за окрестностями города.

Корпус № 12 – подземный гаражный комплекс, цель которого – разгрузить внутреннюю часть территории и прилегающие к Национальному горному университету окрестности от скопления автомобилей.

Корпус № 13 – подземный аудиторно-лабораторный комплекс для учебных и научно-исследовательских целей автономного исследовательского национального высшего учебного заведения Украины.

Корпус № 14 – водно-спортивный комплекс, расположенный за спортивным корпусом № 6 и функционально и конструктивно с ним связанный.

К месту будет сказать, что идея использования внутреннего пространства главного корпуса не является новой. В «Историческом очерке возникновения Екатеринославского горного училища» [3] об этом говорится следующее: «Главный корпус Училища по первоначальному проекту представляет собой прямоугольник из 4-х зданий, составляющих 4 стороны прямоугольника и пятого здания, соединяющего середины длинных сторон прямоугольника и разделяющего таким образом прямоугольник на две равные части». Там же говорится, что в этом здании предполагается разместить церковь, конференц-зал и музей.

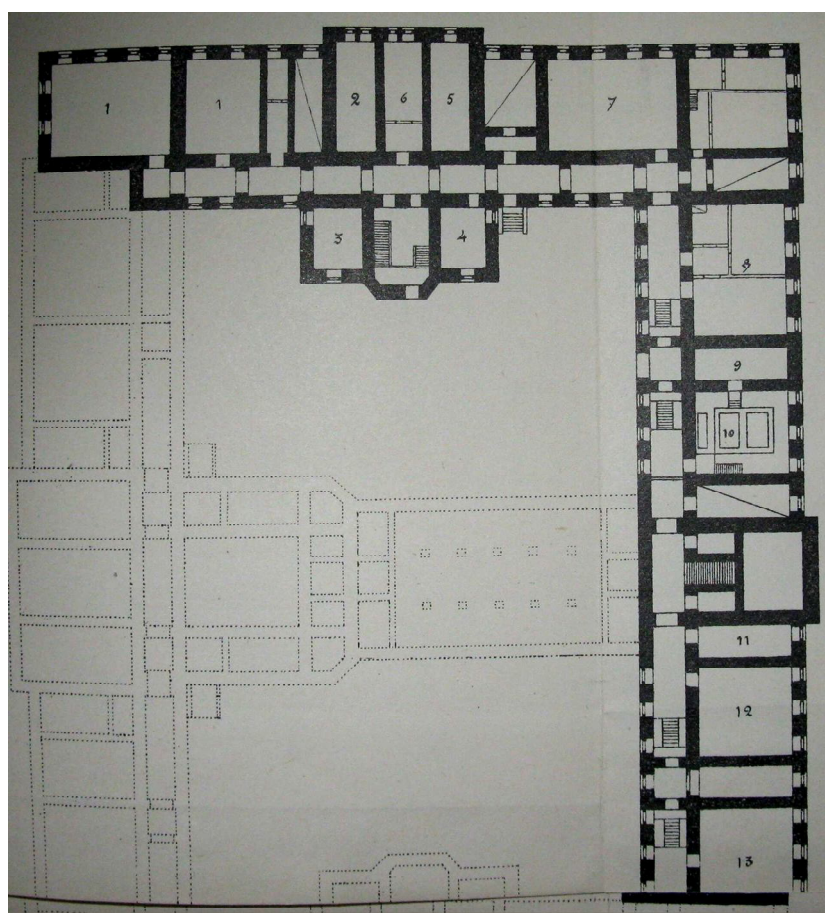


Рис. 3. Главный корпус ЕВГУ на 1909 год. Жирными линиями и цифрами показаны существующие помещения, пунктиром – проектируемые

К 1909 году здание главного корпуса уже функционировало, хотя было построено менее, чем наполовину (рис. 3). И только осенью 1924 года, к 25-летию Екатеринославского горного института, недостроенная часть здания была закончена, благоустроена и вход в корпус со стороны проспекта был открыт [4].

И решение об устройстве внутреннего двора стало историей, сохранившимся на первоначальных чертежах и в различных описаниях, как, например, в справочнике «Весь Екатеринослав», 1913 г.: «Усадьба Горного института состоит из двух больших корпусов (главного и химического) и несколько мелких, дорого стоящих, благодаря частому ремонту. Химический корпус, вероятно, останется без изменения. Главный же предполагается дотянуть до Полтавской улицы (*ныне улица О. Гончара*). Вследствие чего он увеличится почти вдвое; затем имеется в виду продолжить его вдоль по Полтавской улице; пойдет по Соборной площади (*ныне проспект Карла Маркса*) и под прямым углом соединится с противоположным концом главного корпуса. Здание таким образом будет иметь вид закрытого четырехугольника с двумя внутренними дворами и громадным актовым залом по середине» [5]. Из-за отсутствия средств на постройку внутреннего крыла здания, данный проект так и остался на бумаге и впоследствии был почти забыт.

Определяющими тенденциями в развитии современного города являются процессы благоустройства городской среды, применение новых технологий и материалов, переход от критериев количественных параметров к качественным, индивидуальному и уникальному строительству. С учетом новых возможностей, проект сооружения корпуса № 11 – есть то «новое», которое является хорошо забытым «старым».

К решению научных и практических задач данного проекта в настоящее время привлечены ведущие преподаватели и ученые кафедры, студенты и магистр. Реализация проекта содержит целый ряд задач научно - исследовательского, технико - технологического и архитектурно - планировочного плана, которые могут составить тематику кандидатских и докторских диссертаций по специальностям направления «Строительство», «Архитектура» и «Шахтное и подземное строительство».



Рис. 4. Реконструированное здание Рейхстана в Берлине

Например, вопрос архитектурного сочетания нового здания и старого, построенного на рубеже XIX-XX веков. Европейская позиция в решении таких вопросов предполагает реконструкцию памятников архитектуры и их активное

включение в жизнь города. Как пример, можно привести преобразование здания Рейстага в Берлине (рис. 4), композиционное решение музея Лувр и стеклянной пирамиды в Париже и др.

Привлечение средств собственных, городского и областного бюджета, спонсорской помощи организаций и частных лиц, позволит реализовать этот уникальный и очень важный проект.

Здесь уместно вспомнить, что Национальный горный университет – Екатеринославское высшее горное училище – начало свою работу в корпусах, построенных на средства, выделенные городскими властями, частными предпринимателями и горнопромышленниками.

Это свидетельствовало о всемерной поддержке высшей школы всеми слоями общества и подчеркивало необходимость становления науки и образования не только для экономического подъема края, но и для духовного и культурного развития города. Может быть, именно в этом и был заключен феномен дальнейшего успешного развития ведущего высшего учебного заведения, первого горного в Украине, остающееся таковым до наших дней.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Краев Ю.К., Поленов Ю.А. Освоение подземного пространства – перспектива развития Уральского геологического музея // Известия вузов. Горный журнал. – 1994. – № 9-10. – С. 89-119.
2. Национальная академия наук Украины решила реконструировать целый квартал Киева! // Новини про науку та освіту 13 серпня 2008 р.
3. Исторический очерк возникновения Екатеринославского горного училища 1899-1909 г.
4. Єлінов І.М. Історія комплексу бідівель НГУ. Нариси з історії Національного гірничого університету. – Д.: Національний гірничий університет, 2006. – 188 с.
5. Весь Екатеринослав: Справочная книга. Издание Л.И. Сатановского, 1913.

УДК 624:330.15

*Солодянкин А.В., д.т.н., доц., Горлова К.А., студ., каф. СГМ, НГУ, г. Днепрпетровск, Украина*

## К РЕШЕНИЮ ПРОБЛЕМЫ ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Население Украины в большей степени сосредоточено в городах (около 75%). Каждый четвертый украинец проживает в городе-миллионере. Однако рост численности городского населения обуславливает не только научно-

технический прогресс в развитии человечества, но и множество проблем. Одной из наиболее актуальных в настоящее время является транспортная проблема, связанная с распределением в пространстве и времени потоков людей и материальных ценностей.

Для большинства украинских городов характерно значительное отставание темпов развития транспортной инфраструктуры от темпов их роста. По этой причине транспорт работает не достаточно эффективно, снижается скорость городских потоков и увеличиваются проходимые транспортом и людьми расстояния. Обостряется проблема нехватки территории для хранения транспортных средств.

Возникающие в крупных городах сложности в работе транспорта являются причиной множества негативных экономических, экологических и социальных последствий. Транспорт является одним из основных источников загрязнения атмосферы городов вредными веществами и шумового воздействия на население, а также служит причиной изъятия значительных земельных территорий.

Основной загрязнитель городского воздуха – пыль и выхлопные газы. По некоторым данным атмосфера городов имеет концентрацию пыли примерно в 150 раз более высокую, чем воздух над океаном, и в 15 раз большую, чем воздух в сельской местности [1].

Еще одной проблемой больших городов является шум. На улицах города шум порождается городским транспортом и уличной толпой. С каждым годом уровень шума растет в связи с активным увеличением количества автотранспорта.

Но из-за этого возникает и еще одна проблема – аварии на дорогах. Это является последствием сложившейся ранее планировки улиц, перекрестков и площадей, не соответствующих современным и организации движения транспорта и пешеходов. По данным Всемирной Организации Охраны Здоровья, ежегодно в мире от ДТП погибает более чем 1,2 млн.чел. Ученые в ближайшие 20 лет прогнозируют увеличение этой цифры на 65%.

Все эти и множество других проблем усугубляются с каждым годом и требуют все новых и новых решений. Улицы и площади большинства современных городов все более переполняются транспортом. Это вызывается низкой плотностью сети магистральных улиц, недостаточной шириной проезжей части, недифференцированной по скоростям и видам движения сети улиц и дорог. Отрицательно влияют на организацию городского движения многочисленные пересечения городских улиц и дорог между собой и путями рельсового транспорта в одном уровне, а также недостаточное количество стоянок и гаражей. В частности, в Днепропетровске, на сегодняшний день действует 142 платных парковки общей вместимостью 6770 машиномест. При этом только 1960 машиномест приходится на дневные парковки (работающие с 8.00 до 19.00 и расположенные преимущественно в центре города), остальное — места для желающих разместить свои автомобили в ночное время суток.

Из-за плотной застройки центра города большинство дневных парковок расположены вдоль тротуаров, на первой полосе проезжей части. Естественно, этого явно недостаточно. По самым скромным расчетам, количество парковочных мест на центральных улицах и проспектах Днепропетровска на 30-40% меньше необходимого. Создавать новые парковки в центральной части мегаполиса практически негде.

И эта проблема остро стоит во всех крупных городах Украины. Ежегодно продается 300 тыс. новых легковых автомобилей и это число будет расти. Если в 1990 году на 1000 человек приходилось 128 машин, то в 2000 году эта цифра увеличилась более чем в 2 раза (250-300 машин), а на сегодняшний день каждый третий украинец является автовладельцем.

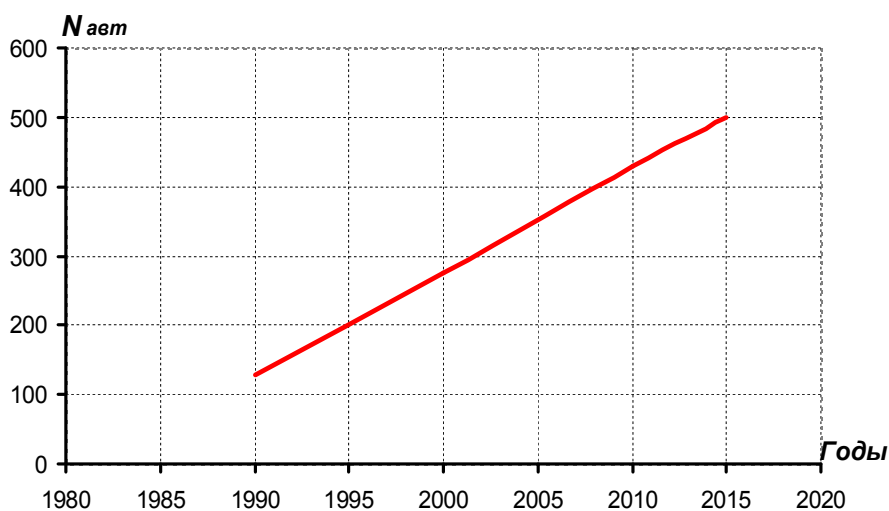


Рис. 1. Рост числа автомобилей в Украине

Окрестности Национального горного университета в настоящее время представляют собой беспорядочное скопление автомобилей. Днем на его территории находится 80...100 автомобилей, ночью – около 50. Ближайшая автостоянка находится далеко от здания

университета, что вынуждает искать место парковки вблизи зданий на тротуарах и других не приспособленных для этого местах, поэтому улицы сильно загромождены, что мешает перемещению людей и движению городского транспорта.

Проблема усложняется еще и тем, что Национальный горный университет расположен в центральной части города, где свободная площадь под новые застройки практически отсутствует.

Выход из этой ситуации может быть найден за счет сооружения подземной парковки, которая практически не загромождает поверхности и позволяет компактно расположить большое количество автомобилей (рис. 2).

Подземный паркинг представляет собой единое пространство с разметкой, указывающей границы машиномест. Он должен отвечать следующим требованиям: безопасность; круглосуточная охрана; технологичность; удобство въезда и выезда, которые должны быть расположены отдельно; наличие систем: гидроизоляции; вентиляции и контроля загазованности; пожаротушения и дымоудаления; связи; освещения; отличный обзор; достаточная для всех типов автомобилей высота потолков и ширина въездов-выездов, разъездов, парковочных мест.



Рис. 2. Примеры подземных парковок

Однако, несмотря на высокую себестоимость, подземные паркинги располагают целым рядом существенных преимуществ, позволяющих говорить о благоприятных перспективах их развития в условиях крупных городов.

В Национальном горном университете удобным местом для строительства подземной парковки является территория между 1 и 2 корпусом (рис. 3).

При этом въезд на подземную парковку может быть осуществлен с улицы О. Гончара по кратчайшему расстоянию.

При проектировании необходимо учитывать, что уровень водоносного горизонта в месте строительства располагается на глубине 10-12 м. При заданных условиях площадь, которая может быть занята подземным сооружением составляет около 2000 м<sup>2</sup> при трех уровнях расположения автомобилей.

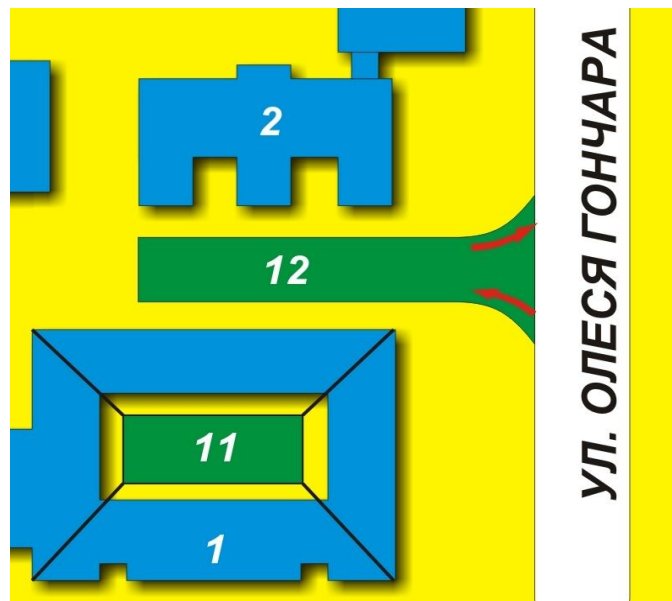


Рис. 3. Схема расположения корпусов НГУ и подземной стоянки для автомобилей



Рис. 4. Схема расположения автомобилей на подземной парковке

Согласно нормам СНиП площадь машиноместа составляет 2,3 х 5 м ( $S = 11,5 \text{ м}^2$ ), следовательно на 1 уровне можно разместить около 170 машин, а общая вместимость подземной парковки может составить до 500 автомобилей.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Умнов В.А., Харченко А.В. Проблемы развития городской подземной транспортной инфраструктуры. – М.: МГГУ, 2004. – 126 с.

УДК 622.692.24

*Солодянкин А.В., д.т.н., доц., Андронович Е.В., студ., каф. СГМ, НГУ, г. Днепрпетровск, Украина*

### **РАЗРАБОТКА РАСЧЕТНОЙ СХЕМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ ФУНДАМЕНТОВ ПРОЕКТИРУЕМОГО И СУЩЕСТВУЮЩЕГО ЗДАНИЙ**

**Введение.** Концепция развития городов Украины предполагает увеличение жилой и гражданской застройки с повышением эффективности использования земель населенных пунктов. Строительство зданий в пригородных, удаленных от центра территориях, приводит к значительным затратам земельных ресурсов, потере природных зеленых зон, росту затрат на транспортные и инженерные коммуникации. Поэтому учреждения и инвесторы заинтересованы в поиске территорий в пределах существующей застройки центральной части города. Однако, в настоящее время практически все центральные части крупных городов застроены. Один из путей разрешения этой проблемы заключается в повышении эффективности эксплуатации застроенных площадей путем реконструкции, надстройки, уплотнении существующей застройки [1].

В качестве примера рассмотрим проект реконструкции первого корпуса Национального горного университета. Здание было построено в 1920-х годах и изначально было рассчитано на обучение небольшого количества студентов. С развитием университета, не смотря на появление целого ряда корпусов, существует необходимость увеличения числа лекционных и лабораторных аудиторий, помещений для книгохранилищ, читальных и компьютерных залов, конференц-зала и прочих. Поэтому в настоящее время рассматривается проект сооружения многоэтажного здания во внутреннем дворе первого корпуса, площадь которого на данный момент используется не эффективно.

Разработка проектов такого типа и их реализация на практике достаточно сложны. Недостаточная обоснованность принимаемых решений, не учет некоторых факторов при проектировании приводят к просадкам, деформациям несущих конструкций зданий и даже к их разрушениям.



В связи с этим актуальной задачей при рассмотрении таких проектов является создание модели проектируемого здания и исследование взаимного влияния и напряженно-деформированного состояния толщи грунтов в районе предполагаемого строительства.

**Цель работы** – обоснование параметров строительства многоэтажного здания во внутреннем дворе первого корпуса Национального горного университета (г. Днепропетровск).

Для достижения цели поставлены следующие задачи исследований:

- анализ горно-геологических и гидрогеологических условий строительства в районе НГУ;
- анализ методов расчета взаимного влияния фундаментов;
- разработка численной модели для решения задачи о взаимном влиянии фундаментов;
- исследование взаимного влияния проектируемого многоэтажного здания на свайном фундаменте и существующего трёхэтажного на ленточном фундаменте и анализ результатов.

**Объектом исследования** является напряженно-деформированное состояние основания фундаментов.

**Предмет исследования** – параметры взаимного влияния фундаментов.

**Идея работы** состоит в использовании численной модели для учета влияния проектируемого здания на существующее в конкретных горно- и гидрогеологических условиях строительства.

**Исходные данные.** Первый корпус НГУ – трехэтажное здание с подвалом, построено в 1904-1920 годах. Несущие стены выполнены из кирпича, кровля – из кровельного железа на деревянных стропилах, перекрытия – железобетонные монолитные, фундамент - ленточный бутобетонный.

Состояние конструкций здания хорошее.

Проектируемое здание (корпус №11): несущие конструкции – каркасно-монолитные железобетонные, фундамент – свайный. На свободном пространстве между корпусами предусматривается устройство атриума. В корпусе №11 предполагается размещение лекционных и лабораторных аудиторий, конференц-зала, книгохранилищ.

Здание №11 проектируется достаточно близко к существующему и его строительство не должно привести к деформациям основания и повлиять на целостность соседнего, поэтому важным вопросом является оценка взаимного влияния фундаментов зданий.

Существующие методики расчета зданий в основном построены на упрощенной расчетной схеме и, как следствие, имеют существенные погрешности в расчете и не позволят учесть многих параметров, как самого фундамента, так и окружающего грунта. В связи с этим предлагается провести численные исследования взаимного влияния фундаментов.

**Анализ горно-геологических и гидрогеологических условий.**

Основание фундаментов складываются следующие грунты:

Слой № 1. Насыпной слой-суглинок, тёмно-серый, с обломками железа, битым кирпичом, мелкой щебенкой. Мощность 0,2-0,5 м.

Слой № 2. Почвенно-растительный слой – представлен суглинком темно-серым, рыхлым, с корнями растений и ходами землероев, мощностью 0,2-0,4 м.

Слой № 3. Лесс светлый, макропористый, твердый, мощностью 16,4-16,7 м.

Слой № 4. Суглинок лессовый, буровато-желтый, макропористый, карбонативированный, твердый. Максимальная вскрытая мощность суглинков составляет 7,0 м.

Слой № 5. Лесс светло-желтый, водонасыщенный от твердой до текучей консистенции. Полная мощность лессов не пройдена.

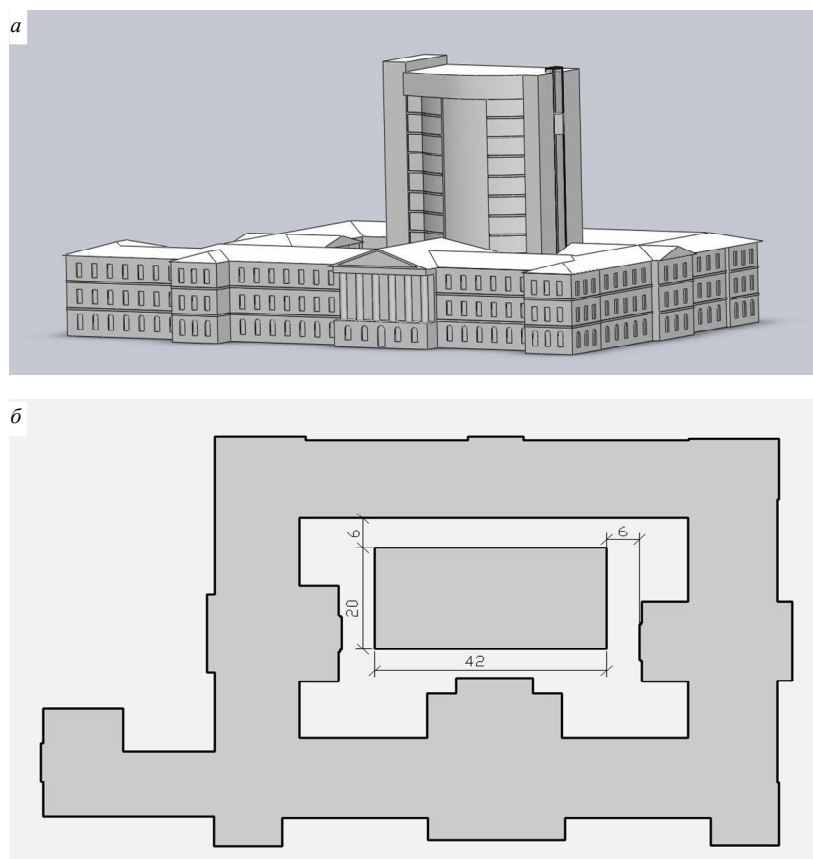


Рис.1. Проект строительства корпуса №1: а – общий вид; б – план зданий

## Результаты прессиометрических испытаний грунтов.

### 1. Характеристика просадочности толщи.

Вскрытая толща лессовых грунтов (слой № 3) в пределах исследуемой площадки проявляет просадочные свойства от замачивания под нагрузкой  $2,5 \text{ кг/см}^2$  с глубиной 0,5 м (от подошвы почвенно-растительного слоя) и до глубины 8,0 м. Самопросадочных свойств грунты не проявляют.

Мощность просадочной толщи от подошвы почвенно-растительного слоя до непросадочного грунта составляет 7,5 м. Суммарная величина просадки от замачивания под нагрузкой  $2,5 \text{ кг/см}^2$  при величине относительной просадочности 0,006-0,145, по дудке №1, составляет 54,06 см.

По величине самопросадочности исследуемая площадка относится к первому типу грунтовых условий по просадочности.

## 2. Результаты прессиометрических испытаний грунтов.

Результаты проведенных испытаний позволяют оценить однородность исследуемой толщи грунтов по величинам полученных модулей деформации. Диапазон изменения анализируемых величин 235-373 кг/см<sup>2</sup> (для слоя № 3), что свидетельствует о сравнительной однородности светло-желтых лессов. При этом следует отметить, что до глубины 11,0 м наблюдается закономерное увеличение модуля деформации с глубиной, а затем некоторое его снижение.

## 3. Результаты статического зондирования.

По величине удельного сопротивления грунта проникновению конуса, плотность исследуемой толщи грунтов и ее сопротивляемость внедрению конуса характеризуется следующим образом.

До глубины 3,0 м до поверхности земли наблюдается закономерное увеличение удельной сопротивляемости грунта и затем стабилизации последнего на величине порядка 60 кг/см<sup>2</sup> в интервале глубин 3,0 – 4,5 м.

Затем до глубины 5,5 м от поверхности земли вновь наблюдается увеличение удельной сопротивляемости грунта до величины 80,0 кг/см<sup>2</sup>.

В интервале глубин 6,0 – 7,5 м отмечен прослой грунта с максимальной плотностью, характеризующийся удельным сопротивлением 110 – 120 кг/см<sup>2</sup>, а затем наблюдается некоторое снижение плотности.

Грунты, залегающие в интервале глубин 7,5 – 14,5 м от поверхности земли, характеризуются сравнительно однородной плотностью при средней величине удельного сопротивления порядка 90-110 кг/см<sup>2</sup>. Эта толща может быть использована естественным основанием свайных фундаментов.

На основании выполненных инженерно-геологических, лабораторных и опытных работ можно сделать следующие выводы.

1. В качестве естественного основания проектируемого сооружения могут служить грунты слоев № 3-5.

2. Основанием свайных фундаментов могут быть использованы грунты слоя № 3-4, ниже глубины 8,0 м от поверхности земли, т.е. ниже подошвы просадочного слоя до глубины 20,0 м.

3. На декабрь месяц 1972 г на исследуемой площадке был вскрыт безнапорный водоносный горизонт на глубине 24,5-24,9 м.

4. По результатам исследований, выполненных в последующие годы, уровень грунтовых вод находится на отметке – 12 м от поверхности [2].

5. По данным химического анализа, согласно РСН-249-63 водсреда не обладает агрессивными свойствами по отношению к бетонам.

Учитывая вышеизложенное, глубина заложения свай принимается равной 10 м.

### **Предлагаемые решения конструкции фундаментов**

Учитывая горно-геологические и гидрогеологические условия строительной площадки, предлагается два варианта фундаментов:

#### 1. Свайный фундамент.

Устраивается буронабивными сваями с уширением на концах, сваи устраиваются на глубину 10 м.

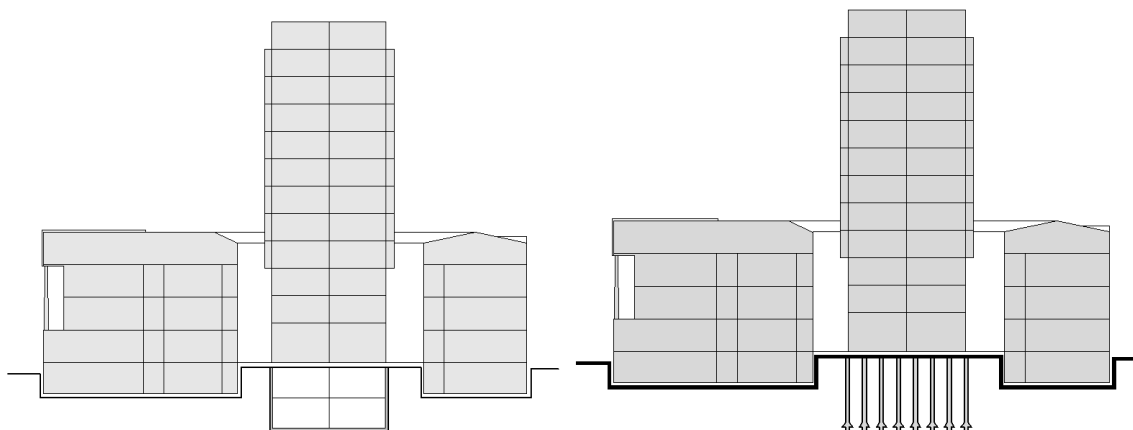


Рис. 3. Монолитный плитный фундамент

Рис. 2. Свайный фундамент

## 2. Устройство монолитной фундаментной плиты.

Плита заглубляется до отметки - 10 м, устраивается методом «стена в грунте». Основное преимущество этого варианта - возможность сооружения двух-трех подземных этажей (рис. 3)

Учитывая стесненные условия строительства, необходимость его проведения в сжатые сроки, целесообразно принять свайный фундамент.

### **Расчет свайного фундамента с учетом его влияния на соседний ленточный.**

Расчеты напряженно-деформированного состояния неоднородного слоистого основания выполнены с использованием программного комплекса Solid Works, который основан на методе конечных элементов.

При построении модели и её расчете приняты следующие условия:

1. Основание является линейно-деформируемой средой. Все напряжения и деформации определяются как для линейно-деформируемого полупространства. Деформационные свойства среды определены модулем деформации и коэффициентом Пуассона слоев грунта. Так как давление под подошвой фундаментов должно быть меньше расчетного сопротивления грунта, то развитие пластических деформаций не учитывается. Решение проводится по «упругой схеме» [3].

2. Размеры расчетной области – массива грунта, приняты из условия: глубина - более значения мощности сжимаемой толщи; ширина расчетного массива грунта - более ширины и влияния фундаментов на 10 м.

3. Нагрузка на фундаменты - равномерно распределенная.

На основании вышесказанного получена модель вида (рис. 4):

В результате расчета получаем величину деформации грунта под подошвой ленточного фундамента, она сравнивается с дополнительными допустимыми осадками [1]:

$$S_{\text{доп}} \geq S_{\text{max}}, \quad (1)$$

где  $S_{\text{доп}}$  – допустимая дополнительная осадка,  $S_{\text{max}}$  – максимальная величина деформаций под подошвой ленточного фундамента.

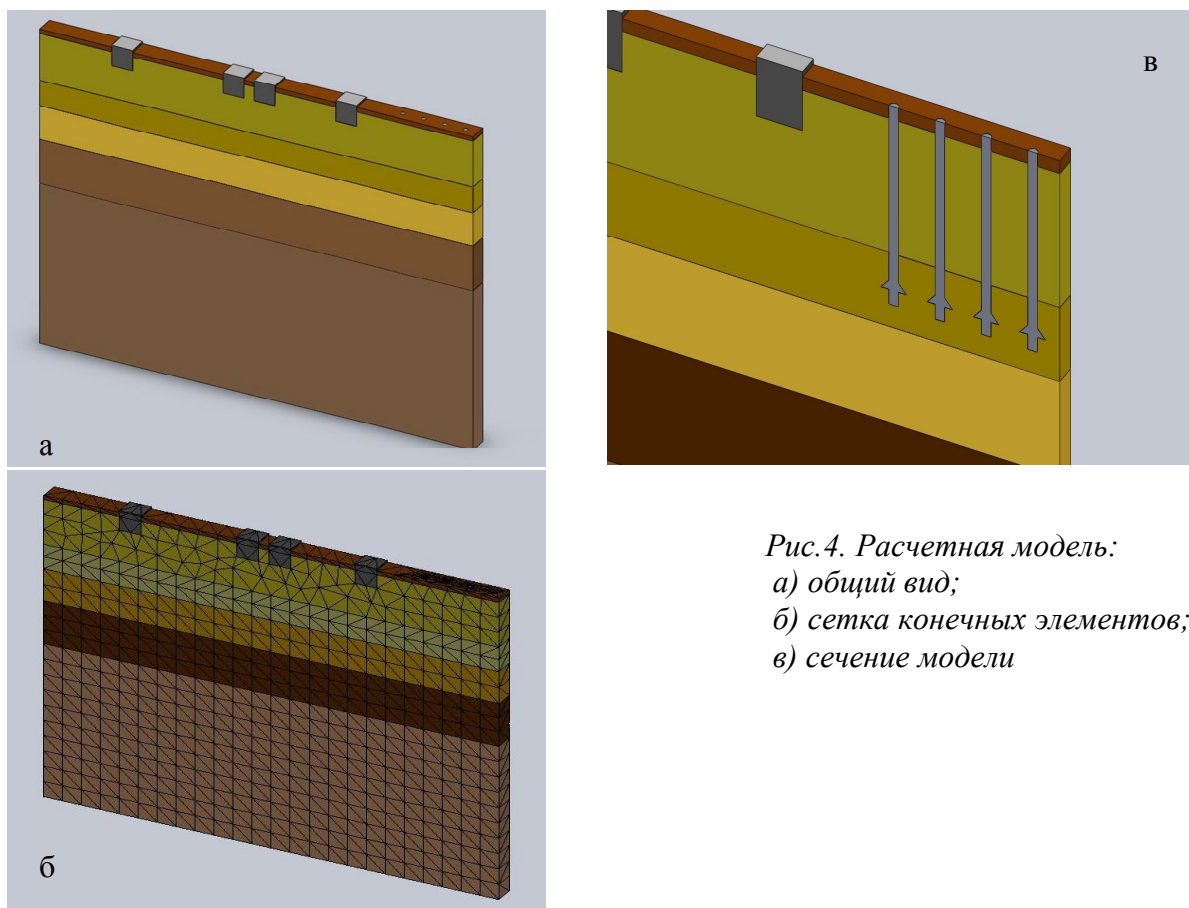


Рис.4. Расчетная модель:  
 а) общий вид;  
 б) сетка конечных элементов;  
 в) сечение модели

Нагрузка на свайный фундамент, определяемая количеством этажей проектируемого здания, подбирается так, чтобы условие 1 выполнялось.

### Выводы

1. Разработана расчетная схема нагруженного свайного фундамента и ленточного, для расчета с использованием МКЭ, позволяющая учитывать взаимное влияние фундаментов в конкретных горных и гидрогеологических условиях строительства.

2. Определены тип фундаментов и параметры проектируемого здания.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Присяжнюк В.Ф. Містобудівні аспекти реконструкції міських територій // Матеріали IV міжнар. виставки-конференції «Реконструкція житла – 2002» . Київ, 2002. – С. 3-5.

2. Пустовойтенко В.П., Садовенко И.А., Тимощук В. И. Исследования геотехнических процессов при проведении выработок под сооружением // Науковий вісник НГА України. -2001. - № 5.

3. Цытович Н.А. Механика грунтов. М.: 1963. – 636 с.

4. Далматов Б. И. Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений. СПб.: СПбГАСУ, 2001. – 440 с.



Наукове видання

ПЕРСПЕКТИВИ ОСВОЄННЯ ПІДЗЕМНОГО ПРОСТОРУ  
МАТЕРІАЛИ 4-Ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ МОЛОДИХ УЧЕНИХ, АСПІРАНТІВ І СТУДЕНТІВ  
(Російською мовою)

Доповіді подано в редакції авторів.

Відповідальний за випуск С.М. Гапєєв.

Комп'ютерна верстка О.В. Халимендик.

Підписано до друку 21.04.2010. Формат 30x42/4.  
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 6,2.  
Обл.-вид. арк. 7,7. Тираж 300 прим. Зам. № .

Підготовлено до друку та видруковано у Національному гірничому  
університеті.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру № 1842.  
49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.