

Национальная Академия наук Украины
Институт гидромеханики

На правах рукописи

магистр-инженер БАРАНОВСКИЙ ЗБИГНЕВ

**Разработка геотехнологических методов защиты
поверхностных объектов на подрабатываемых
территориях**

Специальность 05.15.11 "Физические процессы
горного производства"

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Киев 1996 г.

622.2

ЛННБ України ім.В.Стефаніка



00388115 (Q)

00388115

AB-36.075

Национальная Академия наук Украины
Институт гидромеханики

На правах рукописи

магистр-инженер БАРАНОВСКИЙ ЗБИГНЕВ

**Разработка геотехнологических методов защиты
поверхностных объектов на подрабатываемых
территориях**

Специальность 05.15.11 "Физические процессы
горного производства"

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

1. Горными работами уже нарушены территории для использования этих территорий для размещения объектов строительства с целью обеспечения безопасности населения и окружающей среды.
2. Поверхностные здания и сооружения, фундаменты, подработки, фундаменты...

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Київ 1996 г.

Работа выполнена на кафедре подземного строительства и охраны поверхности Силезского политехнического института Республики Польша

Научный руководитель
доктор технических наук,
профессор академик АИН Украины Я.Зых

Научный консультант
доктор технических наук,
профессор А.Вовк

Официальные оппоненты:
Доктор технических наук В.Воробьев

Доктор технических наук,
профессор зв., академик АИН Украины М.Худек

Ведущая организация Государственное предприятие "Укрвзрыв-строй".

Защита состоится 17 декабря 1996 г. в 11 часов на заседании Специализированного Совета 20.104.02 при Институте гидромеханики НАН Украины по адресу: 252057, Желябова, 8/4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института Гидромеханики НАН Украины
Автореферат разослан "15" ноября 1996 г.

Ученый секретарь Специализированного Совета, кандидат технических наук,
ст.научный сотрудник В.И. Плужник

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

1.1. Актуальность проблемы.

Разработка полезных ископаемых приводит к образованию пустот в горных породах при определенном соотношении глубины и размеров подземной выработки. Сдвигение этих пород доходит до земной поверхности и сопровождается ее оседанием. В результате оседания появляются мульды сдвижения, уступы, складки. Перемещения пород иногда достигают значительных величин, равно как и вызванные им деформации пород, выражающиеся в растяжении, сжатии, наклонах и кривизне. По этой причине различные сооружения на поверхности могут повреждаться, а в отдельных случаях разрушаться. В зависимости от соотношения мощности слоев непосредственной кровли, нормальной мощности пласта, угла падения, физико-механических свойств горных пород и способа управления кровлей, слои последней могут обрушаться или плавно прогибаться. Величины сдвижений и деформаций земной поверхности зависят от многих факторов: глубины разработки, угла падения, мощности пластов, состава и чередовости горных пород, системы разработки, способа управления кровлей и многих других. При прочих равных условиях, чем больше отношение глубины разработки к мощности разрабатываемого пласта, тем меньше сдвижения, и деформации распределяются более плавно. Глубина, ниже которой горные выработки не вызывают на земной поверхности опасных для данного типа сооружений деформаций, называется безопасной и характеризуется коэффициентом безопасности. Он представляет собой отношение глубины залегания пласта к его мощности и, как правило, определяется из опыта инструментальных наблюдений за поверхностью. Из числа других характерных параметров, устанавливающих границы зоны опасных деформаций при разработках выше безопасной глубины, являются углы сдвижения. В практике эксплуатации угольных месторождений возникают следующие основные проблемы, вытекающие из производственно-экономической необходимости.

1. Горными работами уже нарушена поверхность земли, но требуется использовать эти территории для промышленной или жилой застройки с учетом изменения физико-механических характеристик грунтов.
2. Поверхностные здания и сооружения уже имеются на момент полной подработки, фундаменты испытывают влияние деформаций, требуется

их прогноз с учетом изменения, в частности, уровня грунтовых вод, влияющих на прочностные свойства грунтов. Возникает потребность в защитных мероприятиях, в том числе от влияния подземных вод, а также от сейсмических воздействий /включая горные удары/.

3. Здания и сооружения расположены на плоском дне мульды и не испытывают деформационных нагрузок, но в связи с необходимостью выемки угля из охранных целиков основание сооружения может испытать знакопеременные /сжимающие и растягивающие/ нагрузки. Соответственно изменятся вертикальные деформации: наклоны и кривизна. Возникает необходимость в разработке дополнительных защитных мероприятий с учетом прогноза ожидаемых деформаций. Аналогичные задачи следует решать при подходе к поверхностным зданиям и сооружениям мульды сдвижений по мере подвигания забоя в их сторону.
4. Особо сложные задачи предстоит решать в случае нахождения в зоне деформаций поверхности уникальных сооружений, а также водоемов, вода из которых может проникнуть в подземные выработки, а также повлиять на режим подземных вод с отрицательным воздействием на грунты оснований фундаментов зданий и сооружений и подземные коммуникации /трубопроводы, дренажные системы, коллекторы и т.п./. Характер деформаций поверхности зависит от многих факторов, в том числе от типа грунтов, покрывающих коренные породы. Сдвиги, происходящие в коренных породах, существенно смягчаются, если вышележащий массив грунта способен к пластическим деформациям /т.е. при наличии наносов/. На земной поверхности вместо выраженного уступа образуется зона деформаций, профиль которой имеет форму S -образной кривой.

В зонах растяжений, т.е. краевых частях мульды сдвижений, на поверхности земли возникают трещины, затухающие с глубиной. Затухание объясняется тем, что величина горизонтальной составляющей векторов сдвижения изменяется по мере удаления от земной поверхности до некоторого нейтрального слоя с нулевым значением. По этому же закону изменяются и растяжения и на этой нейтральной точке заканчивается трещина. Глубина залегания нейтрального слоя в большинстве случаев не превышает 10 м. Величина наибольших оседаний поверхности, как правило, колеблется от 0,5 до 0,7 мощности разрабатываемого пласта.

В настоящей работе автор предлагает рассмотреть некоторые способы защиты поверхностных зданий и сооружений от деформации

поверхности, вызванных подземными горными работами. Главным объектом исследований будет применение инженерных сооружений типа "Стена в грунте" /"щелин"/* для использования их в качестве компенсационных щелей, предотвращающих горизонтальные нагрузки на фундаменты зданий и сооружений, а также отклонения от вертикали за счёт ликвидации неравномерных вертикальных составляющих на различные участки фундамента. Кроме того указанные сооружения могут быть пригодны в качестве сейсмозащитных экранов и противофильтрационных завес, будучи заполнены соответствующим звукопоглощающим или водонепроницаемым материалом. Главным препятствием к широкому применению вышеназванных методов защиты поверхностных объектов является отсутствие надежных экономических технологий сооружения щелин в наносах требуемых параметров с длительным сроком службы, особенно в малоустойчивых и водонасыщенных грунтах. В основу исследований, предусматривающих создание классификации конструкций щелин и создание эффективных методов их получения, положена идея использования свойства сжимаемости грунтов под действием взрыва заряда ВВ для получения щелин в виде камуфлетных пустот, образованных серией скважинных зарядов.

1.2. Методы исследования.

Поставленная цель определила применение комплексного метода исследования, включающего обобщение существующих представлений по геодинамике взрывных процессов и геомеханике горных массивов нарушенных подземными разработками, теоретический анализ проблемы, лабораторные эксперименты по исследованию физикомеханических свойств грунтов в районе защищаемого объекта и непосредственно у места строительства щелины, и промышленные эксперименты по созданию взрывным методом щелин различного назначения.

1.3. Научные положения, выносимые на защиту.

При механическом способе устройства щелин, наряду с большой трудоёмкостью и энергоёмкостью выполнения работ, имеют место ограничения возможностей получения их на требуемую глубину, а при наличии в толще наносов водоносных слоев грунта простые и надёжные технологии вообще отсутствуют.

* Термин „щелина” автор применяет, как наиболее точно передающий смысловое содержание в переводе с польского языка.

В настоящее время не разработана классификация щелин по конструкциям и назначению, что затрудняет выбор оптимальных методов защиты поверхностных объектов и технологий устройства защитных сооружений. Поэтому решение данных задач следует осуществлять на основе разработанной автором классификации и по предлагаемым технологиям строительства щелин и рекомендациям по способам их заполнения. В этой связи большое значение имеет разработка методов заполнения щелин, способствующих многофункциональному их использованию.

1. Специфика выполнения взрывных работ по устройству защитных щелин требует решения проблемы выбора ВВ, исходя из закономерностей действия взрыва в грунте и оптимизации параметров взрывного импульса в каждом конкретном случае.
2. Решающим фактором успешного применения предлагаемого автором метода является правильный учет физико-механических характеристик грунтов и выбор наиболее существенных из них как исходных данных для расчета параметров взрывных работ. Таким обобщённым показателем может считаться деформационный коэффициент пластичности, входящий в эмпирические зависимости автора, характеризующие динамические коэффициенты затухания ударных волн при взрыве заряда в грунте.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена соответствием установленных закономерностей деформирования сжимаемых сред динамическими полями напряжений основным физическим законам, положениям механики сплошной среды, сопоставимостью результатов экспериментальных и аналитических исследований с данными опытно-промышленной проверки.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- в первые научно обоснована концепция защиты поверхностных зданий и сооружений от влияния подземных работ в тесной увязке физико-механических характеристик грунтов и предлагаемой технологии строительства щелин различного назначения;
- в первые предлагается создание щелин многофункционального характера, что стало возможным при использовании взрывных технологий их получения и разработанных автором методов заполнения;

- автором разработана классификация защитных сооружений в зависимости от функционального назначения, конкретных грунтовых и производственных условий применения, срока службы и т.п.;
- предложены рекомендации по определению области применения метода, его технико-экономической и экологической целесообразности применительно к конкретным условиям нахождения защищаемых объектов.

Практическая ценность работы заключается в разработке научнообоснованных рекомендаций по применению взрывных технологий создания щели различного производственного назначения, срока службы, грунтовых условий, характера и месторасположения защищаемых объектов.

1.4. Реализация выводов и рекомендаций.

Результаты диссертационной работы использованы при проектировании компенсационных выработок, сейсмо- и водозащитных мероприятий на угольных предприятиях Rudzkiej Spółki Węglowej S.A. и выработке концепции охраны поверхностных объектов от влияния подземных работ в Силезском каменноугольном бассейне ПП.

1.5. Апробация работы.

Основные положения и результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на международной конференции II Szkoła Geomechaniki (Ustroń - Zawodzie, 1995), на международной конференции по механике горных пород в г.Острава /сентябрь 1995 г./, на международной конференции по геогидромеханике в горном деле (октябрь 1996), семинаре кафедры подземного строительства и охраны поверхности СПИ, на семинаре кафедры городского и подземного строительства Национального технического университета /КПИ/.

1.6. Публикации.

По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ, в том числе две брошюры объемом 5 печатных листов, каждая.

1.7. Объем работы.

Диссертация состоит из введения, 5-ти глав и заключения, изложенных на _____ страницах машинописного текста, содержит

рисунков, таблиц, список литературы из _____ наименований.

Декларация о конкретном личном вкладе диссертанта в разработку научных результатов, которые вынесены на защиту.

Лично автором разработана классификация защитных сооружений, в зависимости от их назначения, условий применения и способов строительства; рекомендации по проектированию, сооружению защитных щелин компенсационных, сейсмозащитных и многофункциональных для конкретных условий шахт Рудошльонского угольного объединения; идея по защите уникальных объектов в районах шахт рудошльонского региона с применением разработанной автором методики проектирования, рекомендаций по устройству щелин и способам их эксплуатации в увязке с горными работами.

Автор искренне признателен профессору зв., доктору тех. наук М. Худеку, профессору доктору тех. наук Я. Зыху за ценные советы и помощь при работе над диссертацией, проф. доктору тех. наук А. Вовку и профессору доктору тех. наук В. Кравцу за консультации по отдельным разделам работы, направленные на ее улучшение, и участие в подготовке и проведении промышленных экспериментов.

2. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Первая глава посвящена изложению основных сведений по геомеханике горного массива, нарушенного подземными работами, геодинамике и геотехнике подрабатываемых территорий. Рассмотрены существующие методы охраны поверхностных объектов и технология получения охранных сооружений, сформулирована постановка задач и обоснованы методы исследований.

В результате оседания поверхности, вызванного подземными горными работами, появляются мульды сдвижения, уступы, складки. Перемещения пород иногда достигают значительных величин, равно как и вызванные ими деформации пород, выражающиеся в растяжении, сжатии, наклонах и кривизне. По этой причине различные объекты на поверхности и подземные сооружения, расположенные в зоне сдвижения, могут повреждаться, а в отдельных случаях разрушаться. В зависимости от соотношения мощности слоев непосредственной кровли, нормальной мощности пласта, угла падения, физико-механических свойств горных пород и способа управления кровлей слои последней могут или обрушаться или плавно прогибаться. Величины сдвижений и деформаций земной поверхности зависят от многих факторов: глубины разработки, угла падения, мощности пластов, состава и чередуемости горных пород, системы разработки, способа управления кровлей и многих других. При прочих равных условиях чем больше отношение глубины разработок к мощности разрабатываемого пласта, тем меньше сдвижения, и деформации распределяются более плавно.

При управлении кровлей методом полного обрушения сдвижение пород покрывающей толщи происходит в такой последовательности: на некоторую высоту h над выработкой породы кровли обрушаются и под действием вышележащих слоев уплотняются. Вышележащие слои сдвигаются более плавно, прогибаются и укладываются на обрушенную породу. Прогиб сопровождается образованием трещин, последующие слои прогибаются без трещинообразования, образуя так называемую зону прогиба, в зависимости от глубины разработки достигающую поверхности или затухающую не доходя до неё.

Зона обрушений в породах кровли обычно имеет мощность

$$h = \frac{3m}{q - 1} \quad (1)$$

где m - мощность пласта;

q - средний коэффициент увеличения пород в объёме.

Зона трещин может достигать 30м.

При наклонном и крутом падении в центральной части зоны сдвижений перемещения происходят по нормали к пласту. При углах падения свыше 30° имеют место сдвиги пород по напластованию над верхней границей выработки, вследствие чего зона сдвижений расширяется в сторону восстания пласта.

Для отыскания границ зоны опасных деформаций пользуются углами сдвижения. Они образуются на вертикальных разрезах по главным сечениям мульды сдвижений линиями, соединяющими границы выработки с точками на земной поверхности, вблизи которых деформации достигают предельных допустимых значений. Различают углы сдвижения β, γ и δ ; граничные углы $\beta_0, \gamma_0, \delta_0$ и углы разрывов $\beta^*, \gamma^*, \delta^*$.

В практике эксплуатации угольных месторождений возникают следующие основные проблемы, вытекающие из производственно-экономической необходимости.

1. Горными работами уже нарушена поверхность земли, но требуется использовать эти территории для промышленной или жилой застройки с учётом изменения физико-механических характеристик грунтов. При этом придётся прибегнуть к анализу напряженно-деформированного состояния системы фундамент-грунт. Разновидностью этого варианта может быть достижение полной подработки уже на стадии застройки с необходимостью прогноза деформаций поверхности.
2. Поверхностные здания и сооружения уже имеются на момент полной подработки, фундаменты испытывают влияние деформаций, требуют их прогноза с учетом изменения, в частности, уровня грунтовых вод, влияющих на прочностные свойства грунтов. Возникает потребность в защитных мероприятиях, в том числе от влияния подземных вод, а также от сейсмических воздействий (включая горные удары).
3. Здания и сооружения расположены на плоском дне мульды и не испытывают деформационных нагрузок, но в связи с необходимостью выемки угля из охранных целиков основание сооружения может испытать знакопеременные (сжимающие и растягивающие) нагрузки. Соответственно изменятся вертикальные деформации: наклоны и кривизна. Возникает необходимость в разработке дополнительных защитных мероприятий с учетом прогноза ожидаемых деформаций. Аналогичные задачи следует решать при подходе к поверхностным зданиям и сооружениям мульды сдвижений по мере подвигания забоя в их сторону.

4. Особо сложные задачи предстоит решать в случае нахождения в зоне деформаций поверхности уникальных сооружений и водоёмов, вода из которых может проникнуть в подземные выработки, а также повлиять на режим подземных вод с отрицательным воздействием на грунты оснований фундаментов зданий и сооружений и подземные коммуникации (трубопроводы, дренажные системы, коллекторы и т.п.).

Характер деформаций поверхности зависит от многих факторов, в том числе от типа грунтов, покрывающих коренные породы.

В зависимости от конкретных горно-геологических условий отработки угольных пластов возможны две формы ступенчатого оседания земной поверхности:

а) образование уступа;

б) образование зоны сосредоточенных деформаций.

Первая имеет место, если под подошвой сооружения залегают коренные породы или ширина зоны сосредоточенных деформаций не превышает 10-15% диаметра, длины (ширины) фундаментной плиты.

Вторая форма имеет место во всех случаях наличия наносов. Ширина этой зоны может быть определена по формуле:

$$B = \frac{2H}{tg\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)} \quad (2)$$

где: H - мощность наносов;

φ - угол внутреннего трения грунта.

В зонах растяжений, т.е. краевых частях мульды сдвижений, на поверхности земли возникают трещины, затухающие с глубиной. Затухание объясняется тем, что величина горизонтальной составляющей векторов сдвижения изменяется по мере удаления от земной поверхности до некоторого нейтрального слоя с нулевым значением. По этому же закону изменяются и растяжения и на этой нейтральной точке заканчивается трещина.

В настоящей работе автор предлагает рассмотреть некоторые способы защиты поверхностных зданий и сооружений, а также подземных коммуникаций производственного и коммунального назначения от деформаций поверхности, вызванных подземными горными работами. Главным объектом исследований являются инженерные сооружения типа "стена в грунте" для использования их в качестве компенсационных щелей, предотвращающих горизонтальные нагрузки на фундаменты зданий и сооружений, а также отклонения от вертикали за счет ликвидации неравномерных вертикальных составляющих на различные участки фундамента. Кроме того, указанные сооружения могут быть пригодны в качестве сейсмозащитных экранов и

противофильтрационных завес, будучи заполнены соответствующим звукопоглощающим или водонепроницаемым материалом. Главной особенностью данной работы является рассмотрение технологии строительства таких сооружений с использованием энергии взрыва цепочки скважинных зарядов, обладающей целым рядом техникоэкономических и экологических преимуществ, которые будут изложены в последующих главах. В зависимости от глубины и ширины щели, ее предназначения, а также от горно-геологических условий щели могут быть получены:

1. Методом выбуривания шурфов диаметром, равным ширине щелины, при достаточно близком расстоянии между центрами шурфов. Этот метод вполне может быть применим при устройстве оконтуривающих компенсационных щелин, которые допускается устраивать как постоянного (рис.1а), так и переменного сечения (рис.1б, в, д) т.е. тогда, когда по контуру щелины достаточно иметь серию смыкающихся шурфов или шурфов, соединённых достаточно крупными трещинами (рис.1д).

В устойчивых грунтах бурение может осуществляться всухую.

Если грунты малоустойчивы, бурение следует производить с применением бурового раствора, который в дальнейшем может быть оставлен в щелине в качестве ее заполнителя.

2. Комбинированным способом: верхняя часть в устойчивых грунтах выполняется механизированным способом (экскаватором или траншекопателем, в нижней части выбуривается цепочка шурфов по схемам на рис.1).

3. Взрывным или взрывомеханическим способом. В первом случае щелина получается взрыванием цепочки скважин, заполненных взрывчатым материалом до поверхности, во втором случае взрывом получают лишь верхнюю часть щелины, а нижняя образуется методом выбуривания.

В таблице 1 приводится классификация защитных сооружений, предназначенных для охраны поверхностных объектов от влияния подземных работ.

В главе II изложены основные результаты исследований по геодинамике взрыва, связанных с изучением закономерностей деформирования грунтов под действием импульсных нагрузок.

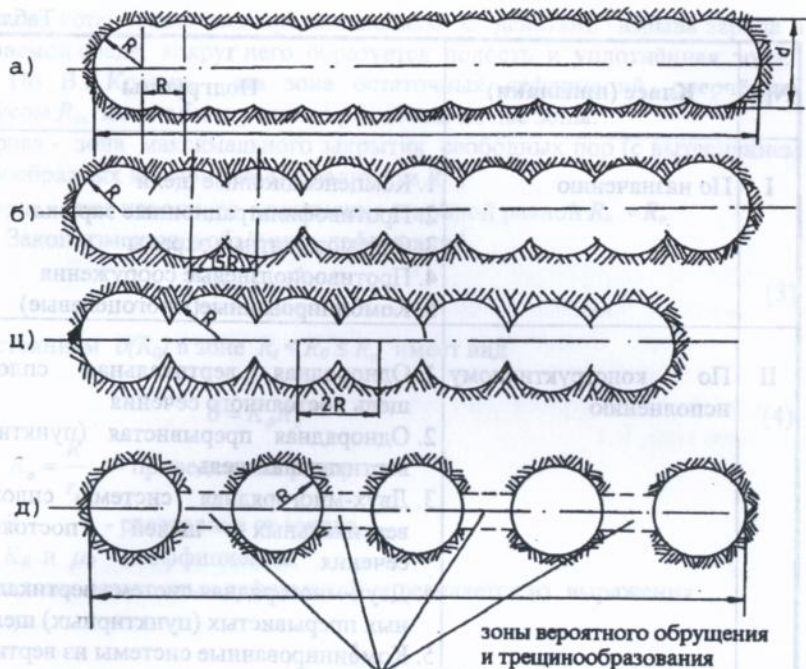


Рис. 1. Щели полученные методом выбуривания при расстоянии между центрами шурфов ;
 а/ - сплошная щель постоянного сечения шириной $d = 2R$;
 б, в/ - сплошные щели переменного сечения ;
 г/ - прерывистая щель.

Таблица 1

№р	Класс (признаки)	Подгруппы
I	По назначению	<ol style="list-style-type: none"> 1. Компенсационные щели 2. Противофильтрационные экраны 3. Сейсмозащитные экраны 4. Противооползневые сооружения 5. Комбинированные(многоцелевые)
II	По конструктивному исполнению	<ol style="list-style-type: none"> 1. Однородная вертикальная сплошная щель постоянного сечения 2. Однорядная прерывистая (пунктирная) вертикальная щель 3. Двух-многорядная система сплошных вертикальных щелей постоянного сечения 4. Двух-многорядная система вертикальных прерывистых (пунктирных) щелей 5. Комбинированные системы из вертикальных сплошных и прерывистых щелей 6. Вертикальная сплошная или прерывистая щель 7. переменного сечения (с уширением в нижней части или воронкообразным устьем) 8. Комбинированные системы из вертикальных или наклонных щелей постоянного и переменного сечения
III	По способу исполнителя	<ol style="list-style-type: none"> 1. Механизированным способом: <ol style="list-style-type: none"> 1.а. рытье экскаватором или траншеекопателем; 1.б. комбинированным способом бурения; верхняя часть по п.а., нижняя часть по п.б. 2. Взрывным способом, 3. Комбинированным (взрывомеханическим) способом.

Согласно установившимся представлениям о действии взрыва заряда в сжимаемой среде, вокруг него образуется полость и уплотнённая зона.

По В.Г.Кравцу, эта зона остаточных деформаций, очерченная радиусом R_n , может быть условно разделена на две зоны:

- первая - зона максимального закрытия свободных пор (с вытеснением газообразных компонентов) с радиусом R_r ;
- вторая - зона неполного уплотнения шириной равной $R_n - R_r$.

Закон изменения объёмных деформаций

$$\theta = 1 - \frac{\rho_0}{\rho} \quad (3)$$

с расстоянием $\theta(R_0)$ в зоне $R_r < R_0 \leq R_n$ имеет вид

$$\theta = K_\theta R_0^{-\mu_\theta} \quad (4)$$

где $R_0 = \frac{R}{r_3}$ - приведенный радиус,

R - расстояние от заряда,

K_θ и μ_θ - коэффициенты.

Радиус зоны остаточных деформаций определяется из выражения

$$R_n = r_3 \left(\frac{K_\theta}{\theta} \right)^{\frac{1}{\mu_\theta}} \quad (5)$$

Для унификации и сопоставимости экспериментальных данных необходимо ввести критерий, который с возможно большей полнотой объединял бы сведения о фазовом составе грунта и одновременно бы характеризовал величину связей между частицами грунта, а, следовательно, его способности к деформированию.

В качестве такого показателя может выступать коэффициент деформативности.

Следует указать, что в соотношении для учитывается лишь такой показатель, как влажность грунта, который является лишь частично характеризующим пластичность грунта - важнейшего показателя характеристики сжимаемости, а значит и конечных результатов расчетов. Не менее существенной характеристикой грунта является количество и природа глинистых частиц. Исследования свойств грунтов в районе шахтных полей Рудошльонской группы шахт и проверка в конкретных условиях вышеприведенной методики показали существенное расхождение расчетных и экспериментальных данных. Поэтому нами была апробирована методика исследования уплотненной зоны,

учитывающая сжимаемость грунта через показатель консистенции (B), который определяется из выражения

$$B = f(W_0, W_p, W_T) \quad (6)$$

где W_0 - природная влажность, %;

W_p, W_T - нижний и верхний пределы пластичности, %.

Этот показатель позволил объединить деформативные характеристики грунтов в конкретных условиях угольных шахт Рудольшонского объединения, включая и минералогический состав (через пределы пластичности). Статистическая обработка экспериментальных данных позволила установить соотношения между величиной цилиндрического заряда (Q_{loc}) и размерами зоны деформации, которые могут быть записаны в общем виде, как

$$r_n^y = f(Q_{loc}, B); K_\varepsilon^y, \mu_\varepsilon^y = f(r, B) \quad (7)$$

В этой главе рассматривается также геомеханическая задача, связанная с поведением грунта в стенках защитных сооружений и его взаимодействия с основаниями защищаемых зданий с учетом различных состояний грунта.

В зависимости от процесса развития мульды сдвижения грунт у основания фундамента может переходить из переуплотнённого или нормально уплотнённого состояния в недоуплотнённое, которое коррелирует с поведением грунта при сдвиге. Это позволяет рассчитать потенциальные деформации разных знаков одно- двух- и многослойных оснований, определить несущую способность и её изменение при изменении напряжённо-деформированной ситуации в мульде сдвижений.

Механическое состояние грунта удобно оценивать через безразмерные параметры N_ε и N_σ

$$N_\varepsilon = \frac{\gamma_c}{\gamma_{kp}}; \quad N_\sigma = \frac{\sigma}{\sigma_{kp}} \quad (8)$$

где γ_c - плотность твердых частиц в условиях естественного залегания,

$\gamma_{kp}(\theta, \sigma)$ - зависимость критической плотности от нормального давления (σ) и степени влажности (θ),

σ_{kp} - напряженное состояние грунта при объёмной массе скелета грунта, равной критической.

При $N_e < 1$ грунт находится в недоуплотненном состоянии, а при $N_e > 1$ в переуплотненном состоянии. $N_e = 1$ означает нормальное уплотнение. Изменение объема грунта под фундаментом происходит в основном при наличии сдвиговых деформаций.

Таким образом, критическая плотность - это функция напряжений и влажности, и именно эти показатели следует прогнозировать при подходе мульды сдвижения к охраняемым объектам.

В нормальном уплотненном состоянии связь сдвиговых и нормальных напряжений имеет вид

$$\tau_{kp} = (\sigma_{kp} + \sigma_n) \operatorname{tg} \varphi_{kp} \quad (9)$$

а в недоуплотненном состоянии

$$\tau = N_\sigma (\sigma_{kp} + \sigma_n) \operatorname{tg} \varphi_{kp} \quad (10)$$

где

$$\sigma_n = \frac{C_{kp}}{\operatorname{tg} \varphi_{kp}} \quad (11)$$

Если нагрузки осуществляются в динамическом режиме (нетренированный быстрый сдвиг), то для определения прочностных характеристик применяем соотношение

$$\tau = N_\sigma (\sigma_{kp} + \sigma_n \pm \sigma_u) \operatorname{tg} \varphi_{kp} \quad (12)$$

σ_n - поровое давление.

В IV главе излагаются вопросы охраны объектов от влияния подземных работ и техника исполнения компенсационных объектов.

Главным методом защиты зданий и сооружений на поверхности предлагается устройство компенсационных, а также сейсмо- и водозащитных щелей. Щели в самом общем виде могут классифицироваться:

- а) по функциональному значению;
- б) по конструкции;
- в) по технологии их получения.

По функциональному признаку они подразделяются на компенсационные, противосейсмические, противодиффузионные и комбинированные (т.е. многофункциональные см.таблицу 1). Инженерная

практика богата примерами сооружений типа "стена в грунте" и для некоторых других целей, однако мы ограничимся рассмотрением именно этих видов щелей, как наиболее актуальных для условий горнодобывающих промышленных районов.

По конструкции их существует великое множество, поэтому рассматриваются лишь наиболее технологичные в исполнении и максимально соответствующие своему назначению.

Наиболее простой конструкцией следует считать сплошную вертикальную однорядную в виде траншеи на полную глубину с креплением или без крепления. В случае функциональной необходимости конструкция может быть 2-х или многорядной, состоящей из 2-х и более сплошных щелей, расположенных одна за другой на расчётном расстоянии. Однако, такие конструкции технически возможно выполнить лишь на ограниченную глубину и в устойчивых грунтах.

При наличии грунтов меньшей устойчивости в ряде случаев (главным образом при создании компенсационных или сейсмозащитных щелин) конструкция может быть выполнена в виде прерывистых (пунктирных) однорядных или двухрядных вариантов. Сейсмозащитные экраны могут выполняться в виде однорядной сплошной щели, прикрытой со стороны приходящей сейсмозрывной волны ломаной прерывистой щелью на полную глубину, в то время как сплошная щель может быть устроена на меньшую глубину (в случае грантов недостаточной устойчивости).

В профиле щелины могут быть не только вертикальными, но и наклонными, а также иметь расширенное устье или камуфлетное уширение внизу, начиная с некоторой глубины. Как вариант рассматривается конструкция щелины, когда сплошная щель устраивается не на проектную глубину, а на некоторую глубину (h_T), только в устойчивых грунтах, затем в целике неустойчивых грунтов выбуривают до проектной глубины отдельные шурфы глубиной (рис. 2), заполняемые раствором.

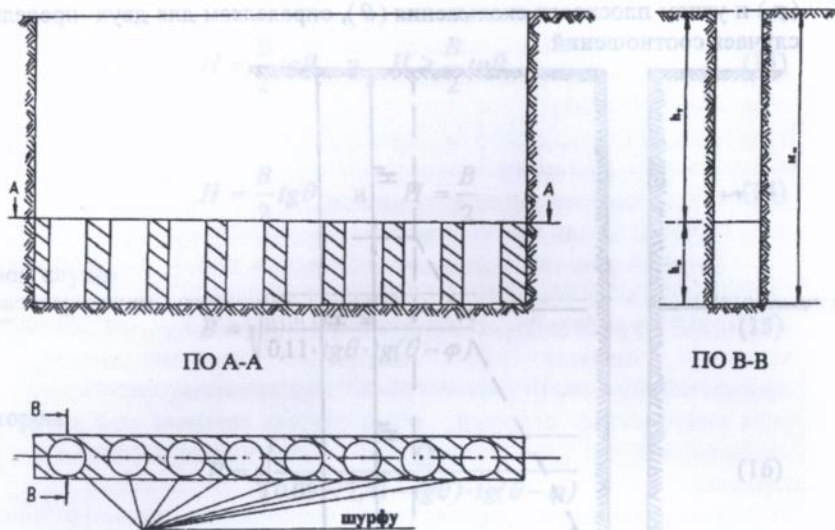


Рис.2. Комбинированный метод устройства щелины в грунтах ограниченной устойчивости.

Разумеется, сочетанием перечисленных и других вариантов можно получить большое количество конструкций и таким образом удовлетворить практически любые инженерные требования к ним с учетом фактических конкретных условий применяемой технологии строительства и наличия строительной техники.

В работе рассмотрены конкретные технологические схемы устройства щелин применительно к конкретным грунтовым условиям Силезского бассейна.

В зависимости от соотношения длины и глубины щелины, их рекомендуется разделять на два типа (рис. 3).

- а) длинные $K = \frac{B}{H} > 2$ и б) короткие $K = \frac{B}{H} \leq 2$

В зависимости от конкретных горногеологических условий может оказаться неизбежным устройство коротких щелин (как элемент пунктирной щелины), где заданной величиной выступает глубина, и требуется определить длину щелины (рис. 3), исходя из необходимости сохранения её устойчивости в определенный отрезок времени. Значение B в зависимости от давления грунта, которое определяется физико-механическими характеристиками, в частности углом внутреннего трения

(φ) и углом плоскости скольжения (θ), определяем для двух предельных случаев соотношений

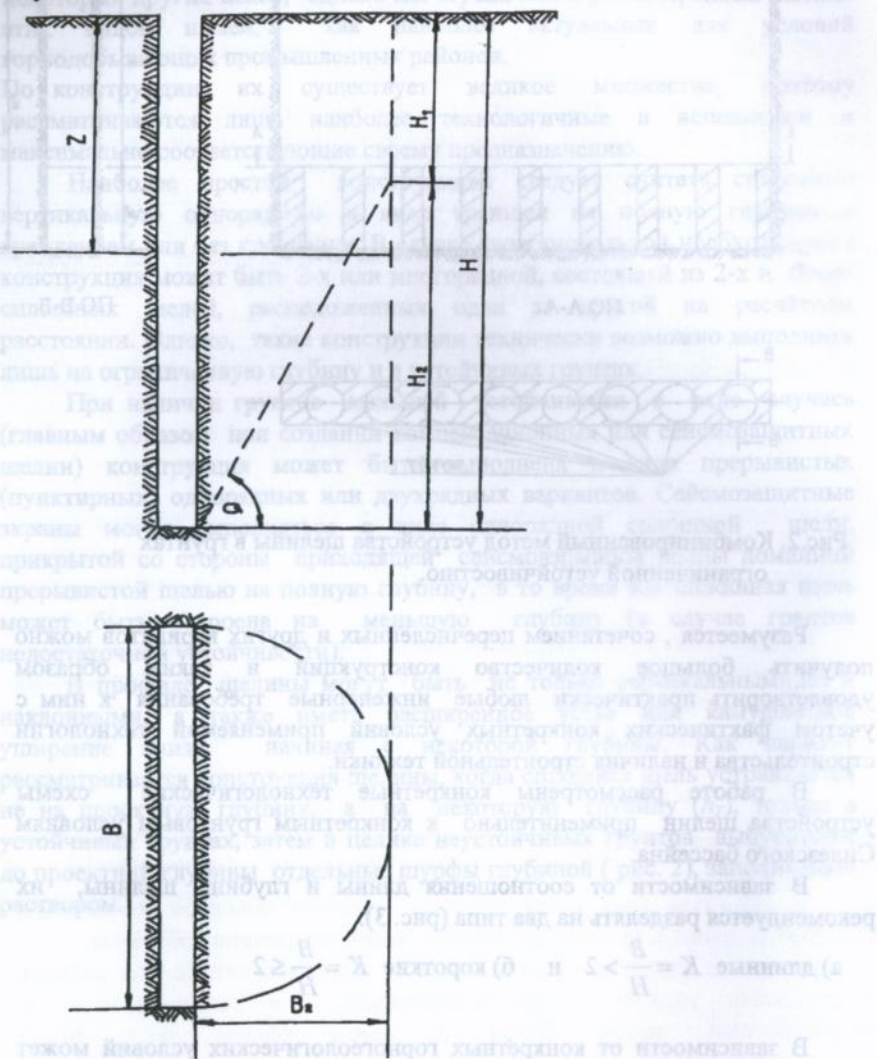


Рис. 3. Расчетная схема устойчивости траншеи.

Z - глубина точки, в которой определяется давление;

H - глубина от поверхности земли;

B - длина рассчитываемого участка траншеи;

Φ - угол наклона плоскости скольжения грунтового массива к гори-зонту; B_2 - высота разгружаемого сводфю

$$H = \frac{B}{2} \operatorname{tg} \theta \quad \text{и} \quad H \geq \frac{B}{2} \operatorname{tg} \theta \quad (13)$$

когда

$$H = \frac{B}{2} \operatorname{tg} \theta \quad \text{и} \quad H = \frac{B}{2} \quad (14)$$

В первом случае

$$B = \sqrt[3]{\frac{Q}{0,11 \cdot \operatorname{tg} \theta \cdot \operatorname{tg}(\theta - \varphi)}} \quad (15)$$

и во втором

$$B = \sqrt[3]{\frac{Q}{0,09\gamma(2,41 - \operatorname{tg} \theta) \cdot \operatorname{tg}(\theta - \varphi)}} \quad (16)$$

В главе приведены результаты исследований по использованию энергии взрыва при сооружении щелин различного назначения.

Взрывные технологии получения инженерных объектов типа "стена в грунте" являются наиболее универсальными, технологичными и высокопроизводительными, поэтому они могут рассматриваться как приоритетные везде, где для этого имеются соответствующие грунтовые условия и достаточная отдаленность от поверхностных зданий и сооружений по фактору сейсмоопасности при выполнении взрывных работ.

Сущность технологии заключается в бурении серии скважин на проектную глубину и на определенном расстоянии друг от друга, обеспечивающем достижение заданного результата (сплошной профиль, прерывистый, щель постоянного или переменного сечения и т.п.)

Взрыванием колонковых зарядов, размещаемых в скважинах, мы получаем серию полостей, образованных вокруг каждой скважины. При соответствующем расположении скважин эти полости могут смыкаться друг с другом, образуя щелину той или иной конфигурации в плане.

Таким образом, задача сводится к расчету заряда, размещаемого в каждой скважине, необходимого для получения полости требуемого диаметра с учетом конкретных грунтовых условий и выбора расстояния между скважинами в ряду, обеспечивающего получение профиля щелины, удовлетворяющего эксплуатационные требования. Следует оговориться, что наиболее высокие требования к качеству щелины представляются в случае предназначения ее в качестве

противофильтрационной (постоянное сечение, отсутствие обвалов и т.п.). При взрывном устройстве щелины выполняются следующие операции.

1. Определение физико-механических характеристик грунтов в районе производства работ.
2. Бурение скважин.
3. Заряжание скважин ВВ.
4. Коммутация взрывной сети, взрывание.
5. Заполнение щелин соответствующими материалами.

Бурение скважин может осуществляться любой из имеющихся в распоряжении производителя буровых установок, является обычной операцией и в работе не рассматривается. В связи с тем, что как вариант в качестве щелины (в частности компенсационной, или противосейсмической) может быть использована конструкция в виде ряда камуфлетных полостей, образованных взрывом сферических или квазисферических (при соотношении длины заряда к диаметру до 6) зарядов.

При определении параметров буровзрывного цикла в процессе создания щелин серией вертикальных скважинных зарядов, нами учитываются пластические характеристики, а в соотношениях между весом заряда и размером зоны уплотнения коэффициент пропорциональности "К" раскрывается через наиболее характерный показатель свойства грунта - показатель консистенции.

При образовании полости величина скважинного заряда (вес одного пог.м, заряда) определяется из соотношения

$$R_n = K_{c.c} \sqrt{C_{noz}} \quad \text{или} \quad C_{noz} = \left(\frac{R_n}{K_{сж}} \right)^2 \quad (17)$$

где R_n - радиус образованной взрывом полости (приблизительно равен ширине щелины), обычно задаётся

C - коэффициент работоспособности ВВ;

$K_{сж}$ - коэффициент сжимаемости грунтов, устанавливается на основе данных по свойствам грунта.

Значение $K_{сж}$ некоторых наиболее характерных для Силезского бассейна грунтов приводится ниже в таблице 2.

Таблица 2
 Параметры пластических свойств некоторых грунтов

Грунт	Нижний предел пластичности, $W_p, \%$	Верхний предел пластичности, $W_L, \%$	Число пластичности, %	Еств. влажность, %	Консистенция В	Кэф. сжимаемости, Ксж
Суглинок бурый, тяжелый	28,04	49,43	23,39	23,47	-0,210	0,262
Суглинок пылеватый	18,80	30,50	13,70	17,20	0,013	0,205
Песок линистый	22,50	35,36	13,25	21,48	0,002	0,263
Глина пылеватая	19,00	38,00	19,00	15,30	-0,195	0,212
Глина ластичная	28,00	60,00	32,00	42,40	0,450	0,315

В зависимости от назначения щелины, ее параметров и срока службы материалы заполнителя должны обладать соответствующими характеристиками (пластическими водонепроницаемыми или звукопоглощающими). В качестве заполнителей компенсационных и противофильтрационных щелин рекомендуются глинистые растворы с определенными характеристиками, которые достигаются путем обработки специальными реагентами, а противосейсмические щелины должны заполняться малоплотными пористыми материалами или аэрированными растворами.

Наилучшие растворы получаются из бентонитовых глин, состоящих из монтмориллонитов. Тщательное перемешивание глины с мягкой водой дает возможность получить стабильный раствор, в котором частицы глины продолжительное время удерживаются во взвешенном состоянии. Получение растворов необходимого качества достигается обработкой химическими реагентами и добавками инертных веществ.

По характеру действия химические реагенты разделяют на: стабилизаторы, структурообразователи, пептизаторы, коагулянты, пенообразователи и эмульгаторы. Главными функциями заполнителя щелин-компенсаторов являются: оддержание стенок щелины в качестве крепления, предотвращающего их

обрушение; создание плоскости скольжения для облегчения вертикального сдвижения. Кроме того, заполнитель не должен вымываться атмосферными водами и не фильтровать через трещины и поры окружающих пород. В то же время заполнитель должен при нахождении в трещинах не затвердевать настолько, чтобы не потерять пластические свойства, т.к. щели, соединяющие отдельные полости, будучи заполнены раствором, должны составлять часть плоскости скольжения.

При устройстве щелин для компенсации горизонтальных деформаций сжатия заполнитель должен обладать свойствами текучести настолько, чтобы свободно истекать за пределы щелины при уменьшении ее сечения в результате сближения стенок под действием горизонтальных деформаций. Исходя из этих требований к заполнителю, он не должен содержать песка более 4%, должен быть стабильным длительный период, с разностью плотности в верхней и нижней частях не более 1%; водоотдача его должна быть не более 1...2см, статические напряжения сдвигу через одну минуту должны находиться в пределах 10...50Па.

Если достижение указанных характеристик глинистого раствора простым смешиванием невозможно, их следует обрабатывать соответствующими реагентами.

Для снижения водоотдачи необходимо применять реагенты-стабилизаторы и пептизатор, в качестве которого рекомендуется кальцинированная сода (Na_2CO_3), которая добавляется в количестве 0,25-1,5% от объема раствора. Кроме стабильности в этом случае повышается вязкость.

В качестве понизителей вязкости следует применять сульфидспиртовую барду в количестве 1-5% по массе.

Требования к конструкции противофильтрационных щелин и их функции диктуют свои условия к качеству и свойствам наполнителя.

В отличие от щелин-компенсаторов противофильтрационный экран должен иметь постоянное сечение по всей длине, особенно на уровне водоносных горизонтов. Срок службы их, как правило, длительный, что предопределяет особые требования к стабильности свойств наполнителя, включая неизменность его структуры, малую водоотдачу, стопроцентную водонепроницаемость, устойчивость против вымывания водой и к атмосферным осадкам.

Глинистый раствор для этих случаев должен быть приготовлен из бентонитовых глин (или по крайней мере, с добавлением таких глин до 25-30% к нормальному раствору из местных жирных глин) и обработан реагентами - структурообразователями. В качестве последних рекомендуется кальцинированная сода (Na_2CO_3) в количестве 2-3,5% от объема (она же выступает как стабилизатор водоотдачи).

Непосредственно в том участке щелины, которая находится напротив водоносного пласта, следует применять гелецемент, который представляет собой смесь тампонажного цемента с глинистым раствором в соотношении до 800 кг на 1 м³ раствора. Обладая хорошими тиксотропными свойствами, он в течение 2-3 мин. после закачки образует весьма прочный гель, который приостановит течение подземных вод.

В отдельных случаях таким раствором можно осуществлять инъекцию в водоносный слой с поверхности через скважину с целью предотвращения движения подземных вод по водоносу на время получения щелины какимлибо способом. Следует иметь в виду, что водоотдача из наполнителя водозащитной щелины практически не допускается (по меньшей мере не должна превышать 1 см), также как возможность нарушения структуры вымыванием. Водородный показатель должен быть нейтральным ($pH = 7$), вязкость должна быть высокой. Заполнение щелин - сейсмозащитных экранов может быть различным. Если щелины устраиваются для кратковременного использования (защита от однократного воздействия) и при этом грунты довольно устойчивы, пустоты полостей могут не заполняться ничем, т.к. при наличии в щелине воздуха (и частично обрушенного грунта), а вокруг полостей зоны трещинообразования будет иметь место значительное поглощение и отражение сейсмозрывной волны.

Однако, при более длительном сроке службы незаполненная ничем и не закрепленная щелина, может, обрушившись полностью, выйти из строя, поэтому она должна быть заполнена материалом, выполняющим функции крепи и звукопоглощения. Одним из таких материалов может служить пенопласт и другие аналогичные материалы, защищенные от атмосферных осадков, чтобы не произошло заполнение водой, что будет способствовать снижению сейсмозащитных свойств.

В ряде случаев могут применяться глинистые растворы, аэрированные механическим способом (для снижения плотности до 0,6-7) и обработанные ПАВ для повышения стабильности. Из числа таких ПАВ наиболее приемлемыми следует считать ОП-7 и ОП-10.

Снижение плотности раствора можно осуществлять с помощью аэрации эмульгаторами - поверхностно-активными веществами ДС, ДС-РАС. Однако, при длительном сроке службы, снижение плотности раствора следует достигать путём добавления к нему полистироловых пустотелых гранул или более крупных пустотелых ёмкостей. Их преимущество в том, что исключается возможность проникновения во внутрь воды, а это обозначает постоянство звукопоглощающих свойств наполнителя. В ряде случаев щелины могут быть заполнены (частично или полностью) гранулами пористого шлака и другими малоплотными

пористыми материалами, обломками пустотелых панелей и т.п., в зависимости от конкретных условий и наличия местных материалов.

Важной особенностью такого вида наполнителей является то, что помимо функций сейсмозащиты такая щелина может быть одновременно и сейсмозащитным экраном.

Разработанные рекомендации по защите поверхностных зданий и сооружений путем устройства компенсационных щелин реализованы при проектировании соответствующих сооружений на угольных шахтах Силезского бассейна, в частности на KWK " Pokoj".

Интенсивность взрывных волн, возникающих под действием определенным образом сформированного импульса, в процессе их распространения определяется лишь свойствами среды и расстоянием от источника возмущения. В этом случае интенсивность взрывных волн можно регулировать лишь искусственными методами воздействия на них по пути распространения.

В работе рассмотрен один из таких методов, сущность которого заключается в создании на пути распространения взрывной волны различных искусственных преград. Эти преграды могут быть выполнены как механическими, так и взрывными методами, быть сплошными или прерывистыми. Поэтому главной задачей является оценка степени затухания взрывных волн при их прохождении через прослойку грунта, отличающуюся по своим свойствам от основного массива, т.е. в конечном счёте через сейсмозащитный экран. В качестве параметра, характеризующего эффективность сейсмозащитного экрана, принято значение массовой скорости в волне.

Величину отношения значений массовых скоростей в волне перед преградой (прослойкой) и за ней, назовём коэффициентом экранизации K_3 , который на основе изложенных в работе аналитических решений для случая прохождения упругой волны через прослойку грунта шириной (d_w), сравнимой с длиной волны, определяется следующим образом

$$K_3 = \frac{1}{Ae} j(\omega d_w - \omega d_w \frac{\beta_2}{V_2}) \quad (18)$$

В работе рассмотрен случай экранизации волн при прохождении их через тонкую прослойку с резко отличающимися свойствами от окружающего грунта, существенно меньшей длиной волны (в нашем случае „стена в грунте“).

Если при распространении взрывной волны в однородной среде характер изменения скорости смещения грунта может быть представлен как

$$U_1 = U_0 e^{-\alpha x} \quad (19)$$

то при прохождении волны через тонкую прослойку, с повышенной акустической жёсткостью, величина скорости смещения, преломив-аяся в прослойку, будет равной

$$U_2 = K_1 U_1 = K_1 U_0 e^{-\alpha x} \quad (20)$$

Скорость смещения в прослойке

$$U_3 = U_2 e^{-\alpha_3 d} \quad (21)$$

скорость смещения, преломившаяся в среду,

$$U_4 = K_2 U_3 = K_2 U_2 e^{-\alpha_3 d} \quad (22)$$

и скорость смещения в точке М (на выходе из прослойки)

$$U_M = U_4 e^{-\alpha x} \quad (23)$$

где

α и α_3 - коэффициенты затухания скорости соответственно в ненарушенном грунте и в прослойке;

d - ширина прослойки,

K_1 и K_2 - коэффициенты преломления волны на границах грунта и экранирующей прослойки.

$$K_1 = \frac{2\rho V_p}{\rho V_p + \rho_3 V_{p3}} ; \quad K_2 = \frac{2\rho_3 V_{p3}}{\rho V_p + \rho_3 V_{p3}} \quad (24)$$

где

ρ и $\rho_3 V_p$ и V_{p3} - плотности и скорости распространения волн соответственно грунта и прослойки.

Скорость смещения в точке М с учётом вышеприведённых зависимостей может быть представлена в виде

$$U_M = K_1 K_2 \cdot U_0 e^{-[\alpha(\eta_1 + \eta_2) + \alpha_3 d]} = K_1 K_2 U_0 e^{-[\alpha x + (\alpha - \alpha_3) d]} \quad (25)$$

Коэффициент экранизации будет равным

$$K_{\text{Э}} = \frac{1}{K_1 K_2} e^{(\alpha - \alpha_3)d} \quad (26)$$

Анализируя последнее выражение приходим к выводу, что снижение скорости смещения во взрывной волне при прохождении прослойки незначительной ширины с акустической жёсткостью большей, чем окружающий грунт, будет происходить за счёт преломления на границах раздела, и поэтому коэффициент экранизации может быть представлен в виде

$$K_{\text{Э}} = \frac{1}{K_1 K_2} = \frac{(A + A_3)^2}{rA \cdot A_3} \quad (27)$$

где A и A_3 - акустические жёсткости соответственно ненарушенного грунта и материала прослойки.

Необходимо добавить, что указанная степень экранизации будет соблюдаться, если размеры самой прослойки (глубина, длина) соизмеримы с параметрами волнового процесса.

Рассматриваемый в работе метод снижения сейсмического эффекта созданием взрывным способом цепочки шурфов на пути распространения упругих волн, характеризуется тем, что при взрыве таких зарядов вокруг образованной полости формируется зона пластических деформаций и зона уплотнения, грунт в которых имеет нарушенную структуру. Важной особенностью уплотнённой зоны является непостоянство плотности с расстоянием, учёт которого привносит существенные коррективы в расчётные соотношения.

Снижение интенсивности сейсмозврывных волн имеет преграду, состоящую в следующем. При подходе сейсмической волны к образованной преграде часть энергии ее отразится в массиве (благодаря наличию раздела „полость - среда”). При этом количество отраженной энергии зависит от соотношения акустических жесткостей грунта и воздуха.

В интервалах между полостями энергия волны также имеет значительные потери, учитывая прохождению по нарушенному разрыхленному слою, поэтому в данном случае следует ожидать снижения ее интенсивности.

Устройство искусственной преграды может осуществляться или ближе к источнику возмущения, или непосредственно перед охраняемым объектом. В первом случае преграда носит временный характер. При многократных взрывах, а иногда и при одиночных, преграда создаётся

непосредственно у охраняемого объекта. В этом случае она выполняется постоянной и может заполняться поглощающим материалом. Преграда может быть однорядной и многорядной. Шурфы сейсмической преграды - вертикальными, а в случае необходимости - наклонными с уширением в верхней или в нижней части.

Детальное исследование эффективности искусственных преград в виде цепочки полостей осуществлялось методами лабораторного и натурного моделирования, а также в производственных условиях.

Результаты лабораторных исследований при диаметре трубочек, имитирующих полости 6 мм и изменении шага между ними от 10 до 40 мм представлены в таблице 3.

Оптимальным шагом при рассматриваемых экспериментах являлась величина, равная 2 диаметрам полости.

Результаты лабораторного моделирования подтвердили возможность экранирования сейсмических волн цепочкой полостей и позволили более обоснованно наметить пути для натуральных экспериментов.

Анализ результатов этих экспериментов позволил установить, что увеличение волны λ ведёт к росту коэффициента экранизации по следующей зависимости

$$K_s = 285 \left(\frac{\lambda}{d} \right)^{-1.13} \quad (29)$$

При определении глубины преграды необходимо учитывать особенности распространения объёмных и поверхностных волн в массиве грунта с увеличением глубины от свободной поверхности. Например, амплитуда колебаний в волне R на глубине $h \approx \frac{\lambda}{3}$ в сжимаемых грунтах в 2-3 раза меньше, чем на свободной поверхности, поэтому устройству преграды с глубиной шурфов $h = \frac{\lambda}{3}$

Таблица 3.

Результаты исследований воздействия преграды на интенсивность волнового поля при диаметре полостей 6 мм.

$A_{c1}, \text{мм}$ 6	$A_{c2}, \text{мм}$ 14	$A_{c3}, \text{мм}$ 30	Шаг, по- достей” в преграде мм	Коэффициент экранизации		
				K_{z1}	K_{z2}	K_{z3}
$A_1, \text{мм}$	$A_2, \text{мм}$	$A_3, \text{мм}$				
1,5	4,0	4,5	10,0	4,00	3,50	6,70
2,0	6,0	10,0	12,0	3,00	2,34	3,00
3,0	6,0	18,0	14,0	2,00	2,34	1,67
3,0	8,0	18,0	16,0	2,00	1,75	1,67
4,0	9,0	22,5	18,0	1,50	1,56	1,34
4,0	9,5	21,0	20,0	1,50	1,48	1,43
4,0	10,0	20,0	22,0	1,50	1,40	1,50
4,0	11,0	23,0	24,0	1,50	1,27	1,30
5,0	11,0	26,0	26,0	1,20	1,27	1,15
4,0	10,0	24,0	28,0	1,50	1,40	1,25
4,0	9,0	24,0	30,0	1,50	1,56	1,25
4,5	11,0	25,0	32,0	1,33	1,27	1,20
4,0	10,0	24,0	34,0	1,50	1,40	1,25
5,0	11,0	27,0	36,0	1,20	1,27	1,11
5,0	11,0	27,0	38,0	1,20	1,27	1,11
4,5	11,5	21,5	40,0	1,33	1,32	1,39
5,0	11,5	27,0	26,0	1,20	1,22	1,39

Примечание

A_{01}, A_{02}, A_{03} - амплитуды колебаний без преграды (контрольные);

A_1, A_2, A_3 - амплитуды колебаний при наличии преграды.

Длина преграды по фронту $l = 280$ мм.

может быть достаточным для ослабления интенсивности сейсмических колебаний до необходимого уровня

При защите объекта от воздействия поверхностной волны глубина преграды, особенно при устройстве последней вблизи заряда, должна быть больше глубины заложения заряда.

Зависимость коэффициента экранизации K_s от параметра $\frac{\lambda}{h}$, характеризующего эффективное действие глубины преграды для условий эксперимента определена как

$$K_s = 6.66 \left(\sqrt{\frac{\lambda}{h}} \right)^{-1} \quad (30)$$

Результаты исследований свидетельствуют, что увеличение расстояния между взрывом и местом устройства преграды при постоянных параметрах последней влияет на величину коэффициента экранизации K_s в сторону его уменьшения. Это происходит как из-за увеличения периода колебаний с расстоянием, как и из-за дифрагированных волн.

При увеличении эпицентрального расстояния необходимо увеличивать и глубину преграды. Обработкой экспериментальных данных получена зависимость изменения коэффициента экранизации K_s от

параметра $\frac{h}{r_s}$ вида

$$K_s = 3 \frac{h}{r_s} + 1.4 \quad (31)$$

При изучении влияния шага скважин преграды на скорость смещения частиц грунта в проходящей волне искусственная преграда устраивалась перед зарядом и перед охраняемым объектом. Данные по этим экспериментам приведены в таблице 4.

Таблица 4

Влияние шага между полостями на эффективность преграды, расположенной на различных расстояниях от заряда.

Относительное эпицентральное расстояние точек наблюдения за преградой, м/кг/	Составляющая колебаний	Скорость смещения частиц грунта при шаге между полостями /см/с								
		1	1,5	2	1	1,5	2	1	1,5	2
		Расстояние от заряда до преграды, мм								
		3,3			5,4			20		
10	Z	2,5	4,5	5,0	1,3	3,9	5,25	-	-	-
	X	2,8	2,8	2,8	2,25	2,4	3,4	-	-	-
15	Z	-	-	2,5	-	-	2,5	-	-	-
	X	-	-	1,38	-	-	1,7	-	-	-
30	Z	0,6	1,2	0,5	0,63	1,26	0,5	-	-	-
	X	0,8	0,79	0,4	0,76	0,69	0,63	-	-	-
24	Z	-	-	-	-	-	-	0,66	0,57	0,56
	X	-	-	-	-	-	-	0,66	0,58	0,54
28	Z	-	-	-	-	-	-	0,48	0,52	0,45
	X	-	-	-	-	-	-	0,30	0,42	0,30

Примечание: ширина преграды 0,35м.

В общем виде коэффициент экранизации K , при выбранной форме преграды, оптимальном шаге и длине преграды в условиях суглинистых грунтов может быть определен

$$K_s = \varphi_{30} \left(\frac{h}{r_s} + 0,45 \right) \left(\frac{\lambda}{d} \right)^{-1,13} \left(\frac{\lambda}{h} \right)^{0,5} \quad (32)$$

Оптимальным местом устройства преграды вблизи заряда является граница между зонами остаточных и упругих деформаций грунтов, т.е. в том месте, где формируются поверхностные волны.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В диссертационной работе приведено исследование физических основ и технологических особенностей взрывного способа создания инженерного сооружения типа „стена в грунте” как универсального защитного экрана при компенсации горизонтальных нагрузок на фундаменты, ликвидации неравномерных вертикальных составляющих на различные участки фундаментов, охране объектов от сейсмических и фильтрационных воздействий применительно к различным грунтовым условиям. Это позволило сформулировать основные закономерности динамического деформирования ограниченного по объёму блока грунтового массива системой взаимодействующих линейных зарядов, определить перспективы совершенствования предлагаемого метода применительно к комплексу инженерных и экологических задач Горносилезского угольного региона. Основные научные и прикладные результаты диссертационной работы состоят в следующем :

1. Проведённый анализ состояния водозащиты поверхностных природных и инженерных объектов от техногенных длительных и единичных изменений рельефа поверхности в области влияния подземных горных работ, выполняемых предприятиями Рудского угольного концерна, показал настоятельную необходимость разработки научных основ и технологических элементов взрывного метода строительства объектов типа „стена в грунте”.
2. Автором разработана и научно обоснована концепция защиты поверхностных объектов от непосредственного влияния подземных горных работ, а также от побочных его проявлений на поверхности с использованием универсальной конструкции „стена в грунте”, обладающей качествами комплексного компенсирующего сооружения.
3. В работе предложена универсальная классификация инженерных сооружений типа „стена в грунте” с учётом их конструкции, способа строительства, способа заполнения, срока службы и многофункционального характера их эксплуатации.
4. Выполнен комплекс исследований по динамике деформирования структурно-неустойчивого грунтового массива одиночными и групповыми зарядами с учётом формирования системы гидравлически связанных полостей и особенностей образования и

конструкции поля остаточных деформаций, примыкающего к образованной взрывом вертикальной сплошной или прерывистой щели. Эти исследования позволили получить исходные данные для оптимальных инженерных соотношений между параметрами заряда, щелин и физико-механическими и прочностными свойствами грунтового массива.

5. Исследованы закономерности взаимодействия комплексного подземного сооружения в виде щели и окружающей её переменного поля остаточных деформаций с сейсмозврывными волнами, что позволило обогатить представления о механизме и количественно оценить уровень экранирования таких волн взрывным сооружением типа „стена в грунте” в сравнении с известными методами.
6. Научно обоснованы технологические элементы создания взрывом щелин различного назначения, связанные как с выбором эффективных взрывчатых веществ для деформирования щелины и примыкающего поля деформаций, так и с подбором экономически и экологически приемлемых материалов заполнителя щелины в соответствии с их функцией и условиями эксплуатации.
7. Предложены рекомендации по определению области применения метода, его технико-экономической целесообразности применительно к конкретным условиям нахождения защищаемых объектов, имеющие научную и практическую ценность. Результаты диссертационной работы использованы при проектировании компенсационных выработок на угольных предприятиях и выработке концепции охраны поверхностных сооружений и природных объектов от влияния подземных работ в Силезском каменноугольном бассейне РП.

4. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ.

1. Кравец В., Вовк А., Зых Я., Барановски З.: Формирование направленной монотрещины в скальном массиве комбинированными методами. Politechnika Śląska. Wydział Górnictwa i Geologii. Materiały konferencyjne. Międzynarodowa Konferencja. "II Szkoła Geomechaniki". Gliwice, 1995. s. 379-386.
2. Вовк А., Калюх Ю., Зых Я., Барановски З.: Вопросы прогнозирования состояния земляных откосов и оползней. Politechnika Śląska. Wydział Górnictwa i Geologii. Materiały konferencyjne. Międzynarodowa Konferencja. "II Szkoła Geomechaniki". Gliwice, 1995. s. 407-415.
3. Baranowski Z., Pisarek P., Smoczok P., Waletko J.: Wyniki obserwacji podczas eksploatacji prowadzonej w pokładzie siodłowym na poz.790 m w kopalni Pokój. Wiadomości Górnicze Nr 10. Katowice, 1985. s. 236-241.
4. Baranowski Z., Pisarek P., Mączka A., Kowalski Z.: XX-lecie połączenia kopalń "Wanda-Lech" i "Pokój" w Rudzie Śląskiej. Wiadomości Górnicze Nr 10. Katowice 1988. s. 235-238.
5. Baranowski Z., Pisarek P., Smoczok P., Mickaniewski Z.: Praktyczne wykorzystanie metod geofizycznych przy eksploatacji ściany z zawalem stropu poprzez wybranie warstwy pokładu niżej zalegającego. Wiadomości Górnicze nr 2-3. Katowice 1986. s. 39-44.
6. Барановский З., Вовк А., Кравец В., Кузья Е.: Вопросы защиты поверхностных зданий и сооружений на подрабатываемых территориях. ИГМ НАН Украины, Киев 1996 г. с.116.
7. Барановский З., Вовк А., Кравец В.: Некоторые вопросы использования энергии взрыва на земляных работах. Киев, Укр. дом экономических и научно-технических знаний. В сб. "Проблемы геогидромеханики в горном деле и строительстве". Октябрь 1996 г.
8. Вовк А.А., Зых Я., Барановский З., Блинов А.В.: Закономерности деформаций грунтов и горных пород при динамических воздействиях. ИГМ НАН Украины. Киев, 1996. с. 168.
9. Baranowski Z. Zagrożenie tapaniami w kopalniach Rudzkiej Spółki Węglowej S.A. Praca w druku.

Анотація

Збігнев Барановський

Опрацювання геотехнічних методів охорони поверхневих об'єктів на гірничих територіях

У праці представлена теоретична розробка, пов'язана з прогнозуванням деформацій та динамічних навантажень на поверхні під дією гірничого виробітку.

Розглянуто проблеми охорони фундаментів інженерних споруд, у випадку наявності впливу виробіток, за допомогою компенсаційних щілин, виконуваних шляхом застосування енергії вибуху.

„Developing geotechnic methods for protection of surface objects located on mining activity terrains „

by Zbigniew Baranowski

This work presents theoretical elaborations in regards with forecast of surface deformations and dynamic loads due to mining activities.

Protection of civil engineering foundations, while influence of mining activity is being present, was considered by means of compensating gaps made by the explosive energy.

Zbigniew Baranowski

„Opracowanie geotechnicznych metod ochrony obiektów na powierzchni na terenach górniczych.”

W pracy zostały przedstawione opracowania teoretyczne związane z prognozowaniem deformacji oraz obciążeń dynamicznych na powierzchni pod wpływem eksploatacji górniczej.

Zostały rozpatrzone zagadnienia ochrony fundamentów budowli inżynierskich, w przypadku występowania wpływów eksploatacji, za pomocą szczelin kompensacyjnych przy zastosowaniu energii wybuchu.

An aerial photograph of a large industrial complex, possibly a power plant or refinery. The image is dominated by a tall, slender chimney structure that rises vertically from the center. To the left of the chimney, a long, wide conveyor belt or walkway extends diagonally across the frame. The facility is composed of numerous interconnected structures, including platforms, walkways, and piping, all rendered in a light, almost white color against a greenish background. The overall scene is a dense network of industrial infrastructure.

AB 36.075