

## **Секція 6**

### ***Геомеханіка***

Деревягіна Н.І., аспірант, Садовенко І.О., д.т.н., проф.

(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», м. Дніпропетровськ, Україна)

## МОДЕЛЮВАННЯ СТІЙКОСТІ ЛЬОСОВИХ МАСИВІВ З ВИЗНАЧЕННЯМ ПОТЕНЦІАЛУ АКТИВАЦІЇ СХИЛІВ

Льосові породи відомі в практиці будівництва як дуже складні й «примхливі». Такими їх робить ряд специфічних властивостей, що істотно ускладнюють прогноз поведінки ґрунтових схилів і прийняття інженерних рішень при будівництві. Існують два підходи до оцінки стійкості льосових схилів - механістичний (наприклад, у Ємельянової Є.П.) [1] та енергетичний (згідно Крігера М.І., Денисова Н.Я.) [1,2]. Перший базується на врахуванні сил гравітації і реакції ґрунтів, а другий підхід – на обліку стану структурних зв'язків в льосових ґрунтах. Кількісно це оцінюється енергією цих зв'язків і її зіставленням з роботою, яка повинна здійснитися при зсувному процесі. Останню величину можна зафіксувати за фактичним положенням зсувного тіла, однак питання прогнозованого положення границі, де енергія зв'язків недостатня для стійкості схилу, залишається відкритим.

Метою даної роботи є розгляд кількісної інтерпретації положення границі з найменшими значеннями енергії зв'язків, на основі поєднання енергетичної та механічної моделей стійкості схилу, складеного льосовими ґрунтами.

Енергія, яка може реалізуватися у вигляді роботи в зсувному процесі представляється у вигляді суми трьох енергій: недоуцільнення льосів в період їх геологічного формування, положення льосових шарів у полі гравітації і тиску на кожен шар вищезалягаючих ґрунтів. Зміна сумарної потенційної енергії часток ґрунту при їх переміщенні на величину  $dl$  становить (в основі – погляди Крігера М.І. [2])

$$\Delta U = gS \int_0^{h-H} mdl, \quad (1)$$

де  $g$  - прискорення вільного падіння;  $m$  - маса одиниці об'єму часток;  $S$  - площа горизонтального перерізу ґрунтового масиву, для якого розглядається зміна енергії;  $H$  - потужність шару;  $l$  - довжина шляху переміщення часток, що залежить від глибини, структури (пористості) породи і міцності структурних зв'язків;  $h$  - висота стовпа породи, для якого проводиться підрахунок енергії  $\Delta U$ .

Згідно (1), якщо не відбувається енергетичне збудження ґрунту під впливом деяких сил, то геологічна еволюція ґрунту полягає в зниженні енергетичного рівня. Еволюція щільності порід відображується законом збереження енергії, що у вигляді першого закону термодинаміки має вигляд

$$dQ = dU + PdV + d'A', \quad (2)$$

де  $dQ$  - тепловий ефект;  $dU$  - зміна внутрішньої енергії;  $P$  - тиск;  $dV$  - зміна об'єму;  $d'A'$  - робота електричних сил, молекулярного натягу і дифузії. При розгляді ущільнення ґрунтів допустимо прийняти  $d'A' = 0$ .

Рівняння (1) зручно використовувати у вигляді

$$\Delta U = \int_0^H P(h)dl, \quad (3)$$

де  $P(h) = gS\gamma h$  - вага стовпа ґрунту з основою  $S$  на глибині  $h$ ;  $\gamma$  - щільність ґрунту;  $S$  - площа горизонтального перерізу стовпа.

Для нескінченно малих величин переміщення часток ґрунту і висоти стовпа породи  $dh$  можна прийняти, що  $dl = \delta dh$ , де  $\delta$  - коефіцієнт пропорційності. Видно, що  $\delta$  являє собою відносну просадність льосу при природному тиску. Т.ч.

$$\Delta U = \int_0^H P(h) \delta dh = gS \int_0^H \gamma \delta dh, \quad (4)$$

У простому випадку для одного шару, проінтегрувавши (4)

$$\Delta U = \frac{gS\gamma\delta H^2}{2} \quad (5)$$

З рівняння (4) можна знайти потенційну енергію недоущільнення для будь-якого шару льосу з глибинами його підшви  $H_1$  і покрівлі  $H_2$

$$\Delta U = \frac{g\gamma\delta(H_1^2 - H_2^2)}{2} \quad (6)$$

В окремому випадку, коли покрівля шару збігається з поверхнею землі ( $H_2 = 0$ ), маємо вираз (5). Для обліку енергії положення у формулі (1) слід розглядати ( $H$ ) як відстань від шару до площини ерозійного врізу схилу в рельєфі.

Третя складова потенційної енергії льосового масиву обумовлена силами реакції в шарі льосу на вплив сил тяжіння  $n$ -ї кількості верхніх шарів, тобто

$$\Delta U_p = gSh \sum_{i=1}^n \gamma_i \frac{H_i}{2} \quad (7)$$

Очевидним для кінцевого елемента моделі буде вираз енергії його деформування

$$\Delta U_i = E\Delta S_i b, \quad (8)$$

де  $E$  - модуль деформації ґрунту;  $\Delta S_i$  - зміна площі перетину кінцевого елемента;  $b$  - його одинична товщина.

Вираз (8) для довільного кінцевого елемента має звертатися в нуль, якщо модель адекватно відображає стійкий ґрунтовий схил з відомою геологічною історією його формування. Побудова моделі велася на підставі результатів, отриманих експериментальним шляхом. Була проведена серія випробувань льосів на стабілометрі при різних фізичних станах ґрунту. Зразки для випробувань були відібрані на схилах балки Тунельної (м. Дніпропетровськ), де спостерігаються постійні зсувні процеси.

Результати моделювання були представлені у вигляді поля фізичних градієнтів вертикального перерізу льосового схилу балки Тунельна. На основі цього моделювання запропоноване нове поняття - потенціал активації схилу у вигляді суми градієнтів повної енергії і градієнтів деформацій кінцевих елементів льосового масиву. Прийнята у фізиці інтерпретація поля потенціалів (у нашому випадку потенціалів активації) дозволяє по нормалям виділити прогнозні зони істотно різних процесів течії, ступінчастого осідання і ліній ковзання в тілі зсуву з їх кількісною характеристикою за величиною потенціалів активації.

Т.ч. запропонована методика моделювання стійкості льосових ґрунтів враховує складне поєднання природно-геологічних і геодинамічних факторів у вигляді комплексу енергетичної та механістичній моделей, які базуються на вихідних параметрах стабілометричних випробувань зразків ґрунту.

### Перелік посилань

1. Трофимов В.Т. Инженерная геология массивов лессовых пород / Трофимов В.Т. – М.: КДУ, 2007. – 398 с.
2. Кригер Н.И. Лесс. Формирование просадочных свойств /Кригер Н.И. – М.: Наука, 1986. – 130 с.

Дубицкая М.С. аспирантка каф. СГМ (Государственный ВНЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина)

## МОНИТОРИНГ НЕВЫЯВЛЕННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ МЕТОДОМ ГЕОАКУСТИКИ

Тектоника шахтного поля является самым часто встречающимся геологическим фактором, который существенно осложняет, а нередко и прекращает ведение горных работ на отдельных участках шахтных полей. Зачастую она проявляется в двух видах: пликативные и дизъюнктивные нарушения. Дизъюнктивная форма нарушений связана с разрывом сплошности угольных пластов и представлена в виде взбросов, надвигов, сбросов и др., а пликативная форма проявляется в виде складок, флексур и моноклиналей. Наличие такой тектоники в некоторых случаях настолько усложняют строение горного массива, что вести горные работы в нем нерентабельно.

Осложнение в ведении горных работ вызывают не только крупные тектонические нарушения, очень опасным оказывается столкновение с мелкими не выявленными разведочными работами, так называемыми микротектоническими нарушениями, с амплитудой от нескольких сантиметров до нескольких метров. Зная заранее прогнозируемые крупные тектонические нарушения, планирование горных работ производится с учетом их наличия. А вот столкновение с невыявленной тектоникой приводит к остановкам работ, к применению непредусмотренных планом дорогостоящим инженерным мероприятиям, а иногда даже к катастрофам.

Анализ геологических показателей, приведенных в Прогнозном каталоге шахтопластов Донецкого угольного бассейна [1], показывает хоть и незначительное, но устойчивое увеличение числа нарушенных пластов с ростом глубины их расположения [2]. А интенсивная добыча угля в Донбассе привела к увеличению средней глубины разработки на шахтах за последние 25 лет почти на 200 метров, при этом существующие темпы разработки способствуют ее ежегодному понижению на 10-15 м [3]. Можно сделать вывод, что увеличивается риск столкновения с невыявленными малоамплитудными нарушениями во время проведения горных работ. В качестве решения этой проблемы авторами ставится задача совершенствования способов прогноза невыявленной тектоники угольного пласта уже в ходе отработки шахтного поля методами неразрушающего контроля, в частности, акустической геолокации.

В качестве объекта исследований была выбрана лава № 1086 характеризующаяся наличием зон геологических нарушений, удобством проведения акустических измерений с применением аппаратуры АК-1М благодаря наличию пройденных подготовительных выработок по бортовому и сборному штрекам и наличию линии связи.

Исследования проводились по подготовленным к измерениям шпурам на пикетах №№ 19,22,25,34,44 (согласно плана отработки павы). Датчики, попарно последовательно переставляются вдоль всей длины лавы в шпуры через равные интервалы. При этом один датчик устанавливался в скважину, другой датчик находится в штреке в зоне действия заряда ВВ. Шпуры с ВВ и скважины с датчиком расположены соосно (в разумных допусках) по разные стороны лавы. Извлечение датчика из скважины и перенес на новое место осуществляется параллельно с наращиванием линии связи по двум выработкам одновременно. С одной стороны горного массива, мощностью 287 метров, инициировался волновой пакет методом взрыва ВВ массой 400 гр., время взрыва  $t_0$  фиксировалось датчиком вибраций. Функция энергии волнового пакета [4], диспергировавшего в углепородном массиве, фиксировалась приемником – датчиком вибраций 2, расположенном на другой стороне массива.

Сигналы датчиков передавались на поверхность, где синхронно преобразовывались в цифровую форму с параметрами: динамический диапазон квантования 16 бит, частота дискретизации  $f_d = 41100\text{Hz}$  и записывались на диск персонального компьютера. Программирование алгоритма обработки производилось в среде пакета программ MatLab.

Обработка информации заключалась во взаимной увязке всех полученных данных с целью получения целостной картины процесса изменения напряженного состояния массива и отбора промежутков времени, соответствующих проведению контрольных взрывов в выработке. Этот отбор производился на основании данных, полученных по линиям связи из выработки и зарегистрированных на ПК.

Анализ графиков датчика вибраций позволяет сделать следующие выводы:

- сигналы содержат 3 – 4 волновых пакета, первый является информационным, остальные искажены отражениями от стенок волновода;
- сигналы для всех пикетов отличны друг от друга, что соответствует различным волновым векторам и фазовым скоростям [4] составляющих пакета;
- без расчёта параметров, очевидно, что сигналы не обладают свойством стационарности, т.о. необходимо учитывать возможную погрешность при применении методов спектрального анализа;
- низкочастотная огибающая первого волнового пакета модулирована высокочастотными компонентами, которые несут информацию о неровностях стенок волновода.

В соответствии с выводами анализа низкочастотных и высокочастотных сигналов геолокации были разработаны прогнозные карты геологических нарушений на исследуемом участке.

Приведенные результаты обработки акустической информации, полученной на основании экспериментов по прозвучиванию целика неотработанной части лавы 1086 основаны на использовании ранее известных в технике радиолокации принципов анализа отраженных от объектов сигналов, принятых на приемной стороне. Сложность обработки акустической информации, полученной из углепородного массива классическими подходами, применяемыми в технике радиолокации, заключается в различии прочностных (скоростных) параметров среды распространения (постоянной в случае использования электромагнитных волн), вызванной неоднородностью горного массива, непостоянством среды в пределах одного слоя, а также изменениями свойств среды за счет вариаций напряженного состояния.

Разработанная методика проведения исследований подтвердила свою работоспособность в целях обеспечения томографии нетронутой области массива для условий шахты «Днепровская».

### Список литературы

1. Прогнозный каталог шахтопластов Донецкого угольного бассейна с характеристикой горно-геологических факторов и явлений. – М.: ИГД им. А.А.Скочинского, 1982. – 267 с.
2. Солодянкин А.В. Актуальные задачи обеспечения устойчивости выработок при пересечении зон геологических нарушений / А.В. Солодянкин, В.В. Янко // Материалы международной конференции «Перспективы освоения подземного пространства». – Днепропетровск: РИК НГУ, 2008. – С. 43-46.
3. Шашенко А.Н. Управление устойчивостью протяженных выработок глубоких шахт / А.Н. Шашенко, А.В. Солодянкин, А.В. Мартовицкий. – Днепропетровск: ЛівуновПрес, 2012. – 400 с.
4. Журавлёв В. Н. Свойства стационарности зондирующего угольный пласт виброакустического информационного сигнала / В. Н. Журавлёв, Е. В. Масленников, И. В. Кондратюк // Сбiрник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ: НГУ. - 2010. - № 34, т. 1. – С. 192 – 199.

**Минеев С.П., к.т.н., проф., Антощенко А.В., Мерцалов В.А.** студенты гр. БДб-10-1  
(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепропетровск, Украина)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗБУРИВАНИЯ СМЁРЗШЕЙСЯ УГЛЕПОРОДНОЙ МАССЫ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПОЛУВАГОНАХ

Как известно, углепородная масса, транспортируемая в железнодорожных полувагонах в зимнее время, слёживается и смерзается, что создаёт серьезные трудности при её разгрузке, как временного, так и энергоемкого порядка. В связи с этим, процесс восстановления сыпучести мёрзлого угля является весьма актуальным. В качестве существующих средств, для восстановления сыпучести используются специальные тепляки, буро и виброрыхлительные установки, а также другие варианты. Одним из таких мероприятий является разбуривание смёрзшегося угля в железнодорожном полувагоне.

В настоящей работе была поставлена цель исследовать эффективные параметры разбуривания мёрзлой углепородной массы при разной степени её смерзаемости.

Для выполнения данной работы был разработан специальный стенд, позволяющий оценивать на образцах темп бурения скважины при изменении скорости вращения коронки, размещенной на буре, усилия подачи нагрузки на бур, диаметр скважины и свойства самого образца. Образец изготавливался из углепородной массы со специально подобранным фракционным составом и влажностью, затем он замораживался при различных отрицательных температурах. Ранее в ИГТМ НАН Украины было установлено, что прочностные свойства смёрзшейся углепородной массы зависят от её фракционного состава и, в большей степени, от влажности, и температуры замораживания образца. Поэтому при проведении эксперимента подготавливались образцы с различной влажностью и разным составом угольной мелочи и размеленного аргиллита.

Стенд для проведения эксперимента приведен на рис. 1 и состоит из рычага для приложения усилия, шестерёнок, диска для измерения оборотов бура, светодиода для измерения оборотов двигателя, подставки для размещения испытываемого образца и датчика перемещения.

В результате проведенных испытаний были установлены экспериментальные зависимости темпа бурения скважины в испытываемом образце, при изменении нагрузки на ось бурового элемента (коронки) от 50 до 150 г, скорости вращения буровой коронки, диаметра скважины (12 мм) и влажности замораживаемого образца (10% и 15 %). Полученные результаты позволили сделать выводы о том, что увеличение содержания породных частиц в

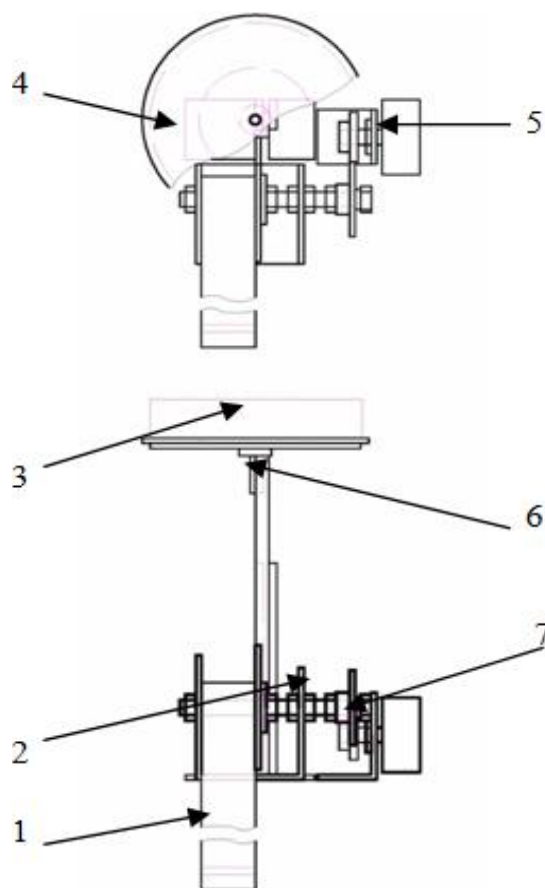


Рисунок 1 - Схема стенда для проведения испытания: 1 - рычаг для приложения усилия, 2-шестерёнка, 3 – образец, 4 - диск, 5 - светодиод ИК для измерения оборотов двигателя, 6 - подставка для образца, 7 - датчик перемещения

замораживаемой смеси ведет к увеличению энергоёмкости процесса разрушения. Это связано, по-видимому, с тем, что при разрушении во вращательно-ударном режиме у угольной части смеси преобладает хрупкое разрушение, а у породной (аргиллит) – вязкопластическое, причём оба процесса происходят в зоне интенсивного таяния смеси от диссипативного разогрева под воздействием бура. Энергоёмкость разрушения увеличивается с понижением температуры и увеличением влажности образца (содержания воды в смеси), что связано с ростом смерзания смеси.

В качестве характерного примера бурения скважины в смёрзшейся углепородной массе приведём полученную зависимость работоспособности от времени при диаметре буровой коронки 12 мм.

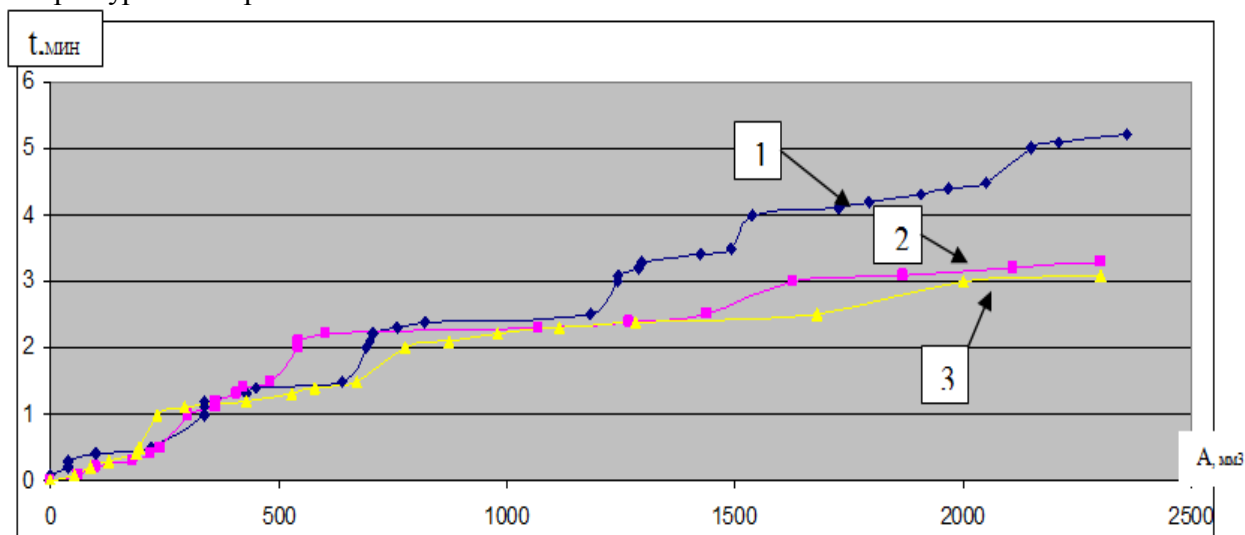


Рисунок 2 - Зависимость работоспособности бурения в смёрзшейся углепородной массе (A) от времени (t) при диаметре отверстия в 12 мм:  
1- нагрузка 50 г, 2- нагрузка 100 г, 3- нагрузка 150 г

Анализ динамики разбуривания смёрзшейся углепородной массы, приведенный на рисунке 2, показывает основные параметры, на которые необходимо обратить внимание при разработке бурорыхлительной установки. В частности производительность разбуривания углепородной массы, смёрзшейся при определённой температуре при заданном диаметре скважины и параметрам коронки, зависит от осевой нагрузки, скорости вращения бура, количества скважин по ширине вагона и расстояния между самими скважинами. Кроме того, серьёзное влияние на рассматриваемый процесс оказывает принятый характер разбуривания: поочередное или совместное бурение всех скважин. Следует также отметить, что энергоёмкость разбуривания смёрзшейся углепородной массы выше, чем восстановление её сыпучести в ж.д. вагоне с использованием виброрыхлительной установки.

#### Перечень ссылок:

1. Минеев, С.П. Вибрационное и волновое рыхление агрегированной сыпучей массы / С.П. Минеев, А.Л. Сахненко, С.А. Обухов – Днепропетровск: Днепро, 2005 – 212 с.

Ропай В.А., д.т.н., проф, Аль Маданат Васим студент гр. БДБ -11-1 (Иордания)  
(Державний ВНЗ «Національний гірничий університет» м. Дніпропетровськ, Україна)

### ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРЕМЫ ВАРИНЬОНА ПРИ РАСЧЕТЕ КРИВЫХ СТЕРЖНЕЙ НА РАДИАЛЬНУЮ НАГРУЗКУ

Варинобон П (1654-1722) выдающийся французский ученый математик и механик в 1687 г в своей книге «Проект новой механики» изложил основы статики и привел теорему, носящую теперь его имя: «Момент равнодействующей плоской системы сходящихся сил относительно любого центра равен алгебраической сумме моментов слагаемых сил относительно того же центра» [1]. Теорема очень широко применяется в разных разделах механики: для определения положения центров тяжести линий, плоских и объемных тел, определения момента равнодействующей относительно любого центра через сумму моментов составляющих, если для составляющих легко находить плечи, определения моментов распределенных параллельных нагрузок относительно любого центра и т.д. Во многих учебниках приводятся многочисленные примеры [2,3]. При этом от внимания обучающихся, а, следовательно, и инженеров ускользают некоторые особенности (тонкости), которые могут привести к ошибкам в расчетах. Продемонстрируем, а ниже поясним, пример такой возможной ошибки.

На рис. 1 представлен криволинейный стержень в виде  $\frac{1}{4}$  круга радиуса  $r$ , на который действует радиальная распределенная нагрузка интенсивности  $q$ . Вычислим равнодействующую этой распределенной нагрузки и момент этой равнодействующей относительно удобной точки  $A$ .

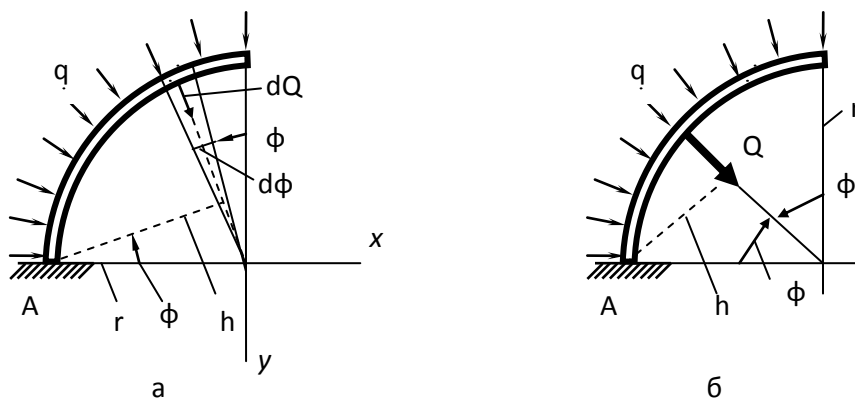


Рисунок 1- Схемы нагружения криволинейного стержня

На элементарной дуге  $dS$  (рис 1, а) с центральным углом  $d\phi$  действует равнодействующая  $dQ = q \cdot dS = q \cdot r d\phi$ , равнодействующая всей распределенной

нагрузки

$$Q = \int dQ = \int_0^{\pi/2} q r d\phi = q r \frac{\pi}{2}. \quad (1)$$

В силу симметрии конструкции и постоянства модуля  $q$  равнодействующая  $\vec{Q}$  должна разделить центральный угол  $\frac{\pi}{2}$  на две одинаковые части  $\phi=45^\circ$  (рис. 1, б). Момент этой равнодействующей относительно точки  $A$

$$M_A(Q) = Q \cdot h = q r \frac{\pi}{2} r \sin 45^\circ = q r^2 \frac{\pi}{2} \frac{\sqrt{2}}{2} = q r^2 \frac{\pi \sqrt{2}}{4} = 1,107 q r^2. \quad (2)$$



Вычислим теперь момент распределенной нагрузки относительно той же точки  $A$  (рис. 1, а)

$$M_A(q) = \int dQ \cdot h = \int_0^{\pi/2} qrd\varphi \cdot r \cos \varphi = qr^2 \int_0^{\pi/2} \cos \varphi d\varphi = qr^2 \sin \varphi \Big|_0^{\pi/2} = qr^2. \quad (3)$$

Как видим, результаты, полученные по формулам (2) и (3), разные! Отличие превышает 10%.

Поясним сделанную ошибку в приведенных выше рассуждениях. В формуле (1) мы складывали модули сил  $d\bar{Q}$ , но при этом не учитывали изменения их направления. Чтобы найти правильное значение равнодействующей, меняющейся по направлению нагрузки, воспользуемся теоремой векторной алгебры о равенстве проекции вектора-суммы сумме проекций слагаемых векторов на ту же ось. Обозначим правильное значение равнодействующей  $Q_1$ , найдем проекции ее на оси  $x$  ( $Q_{1x}$ ) и  $y$  ( $Q_{1y}$ ) и получим по теореме Пифагора  $Q_1 = \sqrt{Q_{1x}^2 + Q_{1y}^2}$ .

Как следует из обозначений (рис. 1, а)

$$Q_{1x} = \int_0^{\pi/2} dQ \sin \varphi = \int_0^{\pi/2} qrd\varphi \sin \varphi = qr \int_0^{\pi/2} \sin \varphi d\varphi = qr(-\cos \varphi) \Big|_0^{\pi/2} = qr, \quad (4)$$

$$Q_{1y} = \int_0^{\pi/2} dQ \cos \varphi = \int_0^{\pi/2} qrd\varphi \cos \varphi = qr \int_0^{\pi/2} \cos \varphi d\varphi = qr \sin \varphi \Big|_0^{\pi/2} = qr. \quad (5)$$

Проекции равны, следовательно  $\bar{Q}_1$  будет направлен под углом  $\varphi=45^\circ$  к вертикали и к горизонту, как показано на рис 1, б.

$$Q_1 = \sqrt{(qr)^2 + (qr)^2} = qr\sqrt{2}. \quad (6)$$

Как видим  $Q_1 \neq Q$ , что соответствует такой теореме векторной алгебры: «геометрическая сумма непараллельных векторов не равна сумме их модулей»

Вычислим момент этой силы относительно точки  $A$ .

$$M_F(Q_1) = Q_1 \cdot h = qr\sqrt{2} \cdot r \sin 45^\circ = qr^2, \quad (7)$$

что совпадает с (3) и является правильным результатом.

Таким образом, при расчете элементов строительных конструкций при вычислении моментов и проекций распределенных сил, меняющихся по направлению, необходимо учитывать изложенную особенность применения теоремы Вариньона и пользоваться формулами типа (3), (4), (5).

#### Перечень ссылок

1. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: Наука, 1972. -478 с.
2. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Є.С. Опір матеріалів. –К.: «Вища школа», 2004. - 654 с.
3. Дарков А.В., Кузнецов В.И. Строительная механика (статика сооружений).- М.: «Высшая школа», 1962. -743 с.

**Халимендик Ю.М., д.т.н., проф., Баришніков А.С., аспірант**  
(Державний ВНЗ "Національний гірничий університет", м. Дніпропетровськ, Україна)

## **ПРИМЕНЕНИЕ КАНАТНЫХ АНКЕРОВ В УСЛОВИЯХ СЛАБЫХ БОКОВЫХ ПОРОД**

Подготовительные выработки испытывают влияние опорного давления впереди очистного забоя. Отмечается [1], что для эффективного поддержания штрека, усиление крепи следует выполнять еще до начала влияния на него опорного давления впереди лавы. При скоростях подвигания лав до 150 м/мес в условиях шахт Западного Донбасса выполнено большое количество исследований и разработаны рекомендации поддержания выработок как для зон временного опорного давления впереди лавы, так и после ее прохода [2]. В сложившихся условиях горнодобывающей промышленности Украины требуется постоянное наращивание объемов добычи угля, что можно решить увеличением скорости подвигания лав до 200-300 м/мес при использовании струговых комплексов. Это в свою очередь влечет за собой неизбежную реорганизацию работ по выполнению концевых операций на штреке и усилению крепления выработки впереди лавы.

Согласно [2], усиление выработки впереди очистного забоя рекомендуется проводить стойками усиления, либо установкой промежуточных рам крепи. Считается, что использование специальной крепи сопряжения полностью механизмирует процесс крепления сопряжения, способствует повышению безопасности и производительности работ. При высоких скоростях подвигания очистного забоя такие меры являются малоэффективными из-за значительной трудоёмкости работ и дополнительных затрат времени. Перспективным решением указанных проблем является уход от применения стоек усиления впереди лавы и механизированных крепей сопряжения посредством установки канатных анкеров, что предупреждает расслоение пород кровли штрека и обеспечивает безопасность ведения работ.

Была выполнена опытно-промышленная эксплуатация нового способа усиления 165-го сборного штрека ПСП «Шахта «Степная» впереди очистного забоя, которая предусматривала установку канатных анкеров АК01-21 впереди зоны опорного давления без применения штрековой механизированной крепи сопряжения и стоек усиления. Боковыми породами являлись переслаивающиеся алевролиты и аргиллиты с прочностью на одноосное сжатие до 25 МПа и со слабым сцеплением.

Произведены маркшейдерские наблюдения за смещениями пород кровли подготовительной выработки до и после прохода очистного забоя при помощи контурных и глубинных реперных станций, заложенных на шести сечениях. Процесс формирования зоны неупругих деформаций изучался с помощью глубинных реперов, заложенных с шагом 1,0 м в скважине диаметром 32 мм и глубиной до 9 м, пробуренной вертикально в кровлю на каждом сечении. Для определения высотного положения точек контурной наблюдательной станции и наиболее глубокого репера прокладывался прямой и обратный нивелирный ход технической точности.

Реакция системы «крепь-массив» на опорное давление впереди лавы началась на расстоянии около 60 м (рис. 1). Было зафиксировано максимальное смещение устья канатных анкеров и реперов, закрепленных в массиве на глубину 8–9 м от контура выработки, на величину до 25 мм. Это свидетельствует о равномерном опускании как пород в заанкеро­ванной зоне, так и вышележащих слоев пород. По результатам наблюдений за смещениями глубинных реперов в массиве пород кровли установлены две зоны: растяжения до глубины 7,0 м и сжатия выше 7,0 м, что указывает на наличие нейтрального слоя, который не подвержен деформациям. При этом нейтральный слой (точка смены знака деформаций) сохраняет свое положение на глубине 7,0 м независимо от

положения очистного забоя лавы (рис. 2). Репер, заложенный на глубине 7,0 м, не изменил своего положения относительно наиболее глубокого, принятого за исходный при определении смещений глубинных реперов. Канатные анкеры до подхода лавы и на сопряжении работают в режиме упругих деформаций.

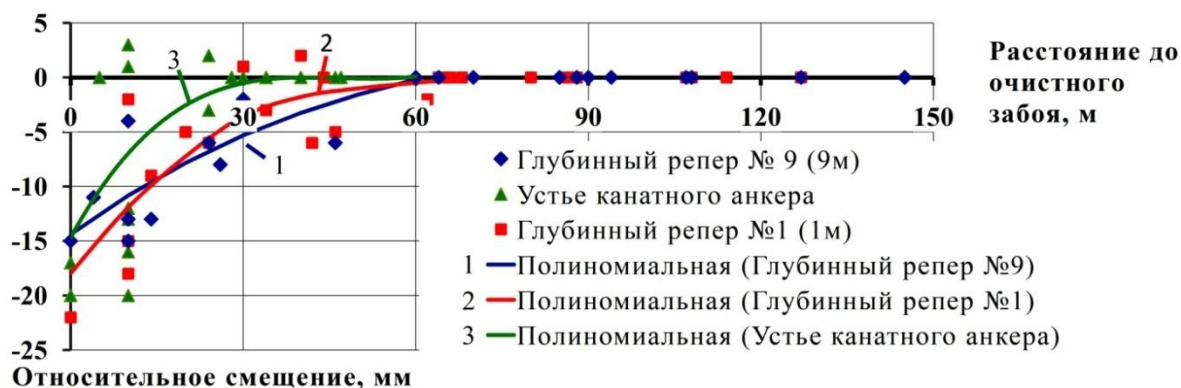


Рисунок 1 – Опускание элементов крепи и глубинных реперов в зависимости от расстояния до очистного забоя.

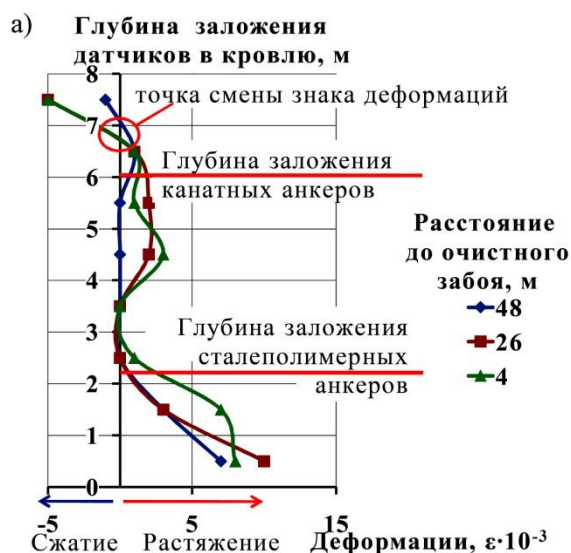


Рисунок 2 – Деформации массива пород кровли выработки до подхода лавы

### Выводы.

Впервые в условиях Западного Донбасса (слабые боковые породы  $\sigma_{сж} = 20 - 25$  МПа), проведена успешная замена крепи усиления шпурека впереди очистного забоя и сопряжения с лавой на канатные анкеры. Исключение стоек усиления и механизированной крепи сопряжения позволило снизить трудоемкость работ, уменьшить затраты времени на концевые операции, увеличить свободное пространство в шпуреке и на сопряжении с лавой, что обеспечило максимально эффективную эксплуатацию стругового комплекса и подвигание очистного забоя со скоростью 200 м/мес.

Перелік посилань

1. Халимендик Ю. М. Обеспечение повторного использования участков выработок [Текст] // Уголь Украины. – 2011. – №4. – с. 51-54.
2. Инструкция по поддержанию горных выработок Западного Донбасса [Текст]. СПб – Павлоград, 1994. – 95 с.

**Халимендик Ю.М., д.т.н., профессор, Заболотная Ю.А., аспирантка**

*(Государственное ВУЗ "Национальный горный университет", г. Днепропетровск, Украина)*

### **ОБРАЗОВАНИЕ ОПАСНЫХ ЗОН ПРИ ВЕДЕНИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ В СЛАБЫХ БОКОВЫХ ПОРОДАХ**

При отработке угольных пластов в толще пород образуются зоны повышенного горного давления (ПГД), проявляющиеся в целиках и краевых частях надрабатываемых и подрабатываемых пластах.

Анализ планов горных выработок действующих шахт показывает, что значительное количество выемочных участков при ведении очистных работ пересекают зоны ПГД.

Нормативным документом [1] предусмотрены дополнительные меры безопасности при отработке запасов в зонах ПГД, поэтому достоверный прогноз параметров зоны ПГД является одной из актуальных задач.

В зависимости от условий разработки и физико-механических свойств вмещающих пород построение зон ПГД выполняется по методике [1-3].

Данная работа выполнена для условий шахт Западного Донбасса, которые характеризуются наличием слабых боковых пород. Средняя прочность пород по шахтам изменяется от 12,5 МПа до 24 МПа [4].

Зона ПГД при разработке пластовых месторождений характеризуется шириной зоны опорного давления, максимальным напряжением в ней, расположением максимума опорного давления относительно забоя лавы или границы очистных работ. Значения указанных параметров в основном зависят от крепости боковых пород, вынимаемой мощности пласта, на котором оставлен целик или краевая часть, глубины ведения горных работ. В связи с недостаточной изученностью влияния этих факторов на параметры зоны ПГД требуются их дополнительное изучение с подтверждением натурными наблюдениями.

При построении зон ПГД исходной величиной является ширина зоны опорного давления, которая определяется в зависимости от вынимаемой мощности и глубины разработки пласта, на котором оставлен целик или краевая часть [1-3].

Трудности возникают при определении расположения максимума опорного давления относительно границы очистных работ. По данным немецких ученых размер этой величины зависит от прочности пород, с увеличением крепости пород кровли положение максимума опорного давления приближается к забою [5], а по сведениям Донути [6], чем крепче боковые породы, тем дальше от границы очистных работ располагается максимум опорного давления.

С целью установления фактических параметров зон ПГД проведен мониторинг состояния выработок в зонах ПГД в условиях шахты им. Героев Космоса ПАО «ДТЭК Павлоградуголь». Предметом обследования были следующие характеристики: степень деформирования замков, ножек и верхняков крепи; степень изменения сечения выработки от начального; наличие и величина пучения почвы выработки. Состояние крепи выработок обследовалось с помощью линейных измерений и фотовизуализации.

В условиях шахты им. Героев Космоса были обследованы магистральные и подготовительные выработки: вентиляционный шпрек № 3 пласта  $c_{10}$ , 1068-й сборный шпрек, 1068-й бортовой шпрек, 2-й западный магистральный шпрек горизонта 370м.

По результатам мониторинга выявлено несоответствие границ и размеров проявления горного давления в выработках и положения границ зон ПГД и размеров, рассчитанных по методике [2]. В качестве примера на рис. 1 представлены границы расчетных

зон ПГД и границы проявления повышенного горного давления при обследовании вентиляционного штрека № 3 пл.  $c_{10}$ . Вентиляционный штрек № 3 пл.  $c_{10}$  пересекает зоны ПГД, образованные от краевой части пласта вследствие ведения горных работ в 1166-й лаве пл.  $c_{11}$  (рис. 1). 1166-я лава отработана в 2007 г. В зоне ПГД выработка закреплена крепью КШПУ-11,7 с шагом крепи 0,5 м и профилем СВП-22.

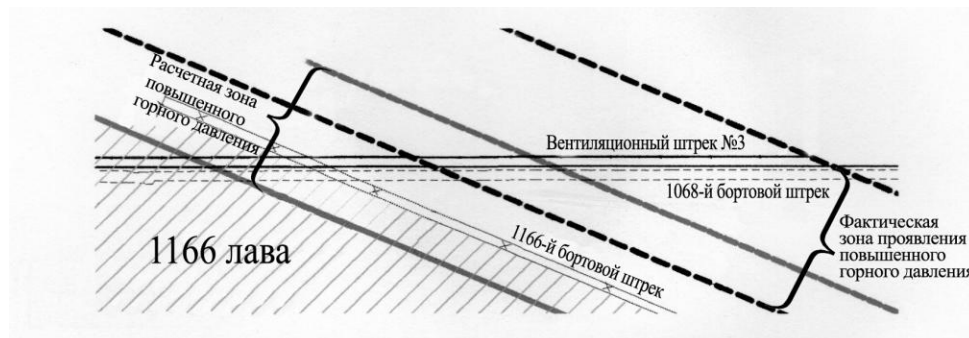


Рисунок 1 – Расположение расчетной и фактической зон ПГД

Состояние крепи выработки в начале расчетной зоны ПГД оценивается как удовлетворительное, деформация крепи выработки и пучение почвы отсутствуют. При выходе за пределы границ расчетной зоны ПГД наблюдается потеря высоты сечения выработки до 110 см, деформация затяжки по всему контуру выработки, пучение почвы.

Состояние выработки в зоне повышенного горного давления характеризуется меньшим проявлением повышенного горного давления, чем за её пределами.

При входе выработки в зону повышенного горного давления со стороны разгруженного горного массива состояние выработки не указывает на присутствие повышенного давления. Противоположная ситуация наблюдается при выходе из зоны, где отмечено сильное деформирование крепи, пучение почвы и потеря площади сечения выработки.

Нормативные документы [1-3] не учитывают разрушение прилегающего к очистной выработке пространства и смещение границы зоны разгрузки в нетронутый массив, а построение зон ПГД выполняется от границы очистных работ.

Исследованиями кафедры маркшейдерии НГУ в сфере деформирования приконтурной части очистных выработок [7,8], установлено, что точка с максимальными напряжениями в зоне опорного давления смещена на некоторое расстояние в сторону целика. В краевой части угольного пласта наблюдается область разгрузки, формируемая разрушением пласта и слабых вмещающих пород. Логически она должна зависеть от вынимаемой мощности пласта, крепости пород и глубины ведения горных работ. Согласно [7, 8] для краевой части угольного пласта представлена зависимость ширины нарушенной зоны  $n$  в очистном забое лавы от глубины разработки  $H$ :

$$n = 0.03H + 1.8$$

Подтверждением существования нарушенной зоны являются исследования состояния 854-й лавы, очистные работы в которой велись в зоне ПГД от краевой части пласта  $c_8^6$ , в условиях шахты «Западно-Донбасская» ПАО «ДТЭК Павлоградуголь». Установлено, что по всей длине лавы зафиксировано множество техногенных трещин и нарушений залегания угольного пласта и пород в виде сбросов, взбросов, грабенов с амплитудой до 0,15 м [7]. Количество техногенных нарушений увеличивается по мере приближения к сборному и бортовому штрекам.

При движущемся очистном забое в соответствии с нормативным документом [2] определяется зона разрушенного угля, размер которой зависит от угла внутреннего трения угля, коэффициента бокового распора и сцепления угля. Для статических зон

повышенного горного давления определение зоны разрушенного угля нормативными документами не регламентируется.

На основании выполненного мониторинга горных выработок можно сделать вывод, что зона ПГД в условиях слабых боковых пород отличается наличием двух составляющих: зоны дезинтеграции, как опасной по обрушениям, и зона с повышенным горным давлением без нарушения сплошности горного массива.

### Перечень ссылок

1. Указания по управлению горным давлением в очистных забоях под (над) целиками и краевыми частями при разработке свиты угольных пластов мощностью до 3,5 м с углом падения до 35° [Текст]. – Л.: ВНИМИ, 1984. – 62с.

2. Управление кровлей и крепление в очистных забоях на угольных пластах с углом падения до 35°. Руководство КД 12.01.01.503-2001 [Текст]. – Утв. Минтопэнерго Украины 29.12.01. – Изд. офиц. – К., 2002. – 141с.

3. Построение зон защиты и ПГД для условий больших глубин. Методика КД 12.07.301-96. Руководящий нормативный документ [Текст]. – Утв. Министерством угольной промышленности Украины 03.10.96. – Изд. офиц. – Донецк: УкрНИМИ. 1997. – 46 с.

4. Усаченко Б.М. Охрана подготовительных выработок глубоких горизонтов шахт Западного Донбасса [Текст] / Б.М. Усаченко, В.Я. Кириченко, А.В. Шмиголь. - М.: ЦНИЭИуголь, 1992. - 168с.

5. Junker M. Gebiqtsherrschtung von Flözstrecken. Verlaq Gbuckauf GnbH. – Essen, 2006. – 656s.

6. ТМП 10.1.00185790.002:2010.Типовые материалы для проектирования «Сопряжения очистных забоев с подготовительными выработками, закрепленных рамной, анкерной и рамно-анкерными крепями. Типовые схемы поддержания» [Текст] – Донецк: Фонды ГП Донути, 2010. – 89с.

7. Халимендик Ю.М. Состояние горного массива в зонах повышенного горного давления [Текст] / Халимендик Ю.М., Заболотная Ю.А. // Науковий вісник НГУ. – 2011. - №3. – С.49-53.

8. Халимендик Ю.М. Особенности формирования зон повышенного горного давления в условиях Западного Донбасса / Халимендик Ю.М., Заболотная Ю.А. // Проблеми гірничої технології [Текст]: матеріали регіональної науково-практичної конференції, 30 листопада 2012 р. – Донецьк: Красноармійський індустріальний інститут ДонНТУ, 2012. – 392с.

Шаповал В.Г., д.т.н., профессор, Причина Е.С., аспирант, Булич И.Ю., студентка гр. ПБ-08-1м

(Государственный ВУЗ "Национальный горный университет", г. Днепрпетровск, Украина)

### АДЕКВАТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСЧЕТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВЫХ ОТКОСОВ

Действующие в настоящее время нормативные документы [1, 2] при выполнении расчетов оснований требуют в зависимости от игры сил расчетные значения нагрузок и характеристик грунта определять по формулам:

- если характеристика входит в состав сдвигающих сил

$$X_p = X^H \cdot \left( + \rho \right) \quad (1)$$

- если характеристика входит в состав удерживающих сил

$$X_p = X^H \cdot \left( - \rho \right) \quad (2)$$

где  $X_p$  – расчетная характеристика грунта;  $X^H$  – то же, нормативная (характеристическая);  $\left( \pm \rho \right) = \frac{1}{\gamma_g}$  – величина, обратная коэффициенту безопасности по грунту (или

при определении удельного веса грунта и внешних нагрузок это – коэффициент перегрузки);  $\rho$  – некоторое положительное число [3, 4].

Таким образом, согласно требованиям нормативных документов, следует принимать расчетные характеристики грунта и внешнюю нагрузку на него таким образом, чтобы обеспечивались невыгоднейшие условия работы основания.

При этом в учебной и справочной технической литературе выполняются расчеты оснований, при которых используются характеристики оснований, установленные по формуле (2) и величины нагрузок, рассчитанные по формуле (1) [3, 4, 5].

Совершенно очевидно, что полученные с использованием этих отличных друг от друга подходов результаты расчетов отличаются друг от друга. При этом не понятно, насколько велико это отличие.

При написании настоящей работы нами преследовалась цель показать, насколько различаются полученные с использованием рекомендаций нормативных документов и использованием учебной и справочной технической литературы, результаты решения задач устойчивости грунтового основания.

Были рассмотрены задачи об определении критического угла заложения и критической высоты грунтового откоса из сыпучего грунта. В ходе работы необходимо было получить такие решения элементарных задач устойчивости грунтовых откосов и склонов, в которых удерживающие силы принимали бы минимальные, а сдвигающие силы – максимальные значения. Для этого использовались следующие расчетные характеристики грунта и внешней нагрузки, определенные с учетом формул (1), (2):

- удельный вес грунта  $\gamma_{\min} = \gamma^H \cdot \left( - \rho \right)$  и  $\gamma_{\max} = \gamma^H \cdot \left( + \rho \right)$ ;

- удельное сцепление грунта  $c_{\min} = c^H \cdot \cos(\rho^-)$  и  $c_{\max} = c^H \cdot \cos(\rho^+)$ ;
- угол внутреннего трения грунта  $\varphi_{\min} = \varphi^H \cdot \cos(\rho^-)$  и  $\varphi_{\max} = \varphi^H \cdot \cos(\rho^+)$ ;
- действующая на грунт внешняя нагрузка  $q_{\min} = q^H \cdot \cos(\rho^-)$  и  $q_{\max} = q^H \cdot \cos(\rho^+)$ .

После установления значения угла заложения откоса с использованием формул (1) и (2) была рассчитана относительная погрешность и построена кривая этой погрешности. При построении предполагалось, что погрешность между нормативными и расчетными характеристиками не превышает 10% (такая величина погрешности допустима при обработке экспериментальных данных).

Аналогичный расчет был выполнен для определения критической высоты грунтового откоса.

Из проведенного исследования, в частности, вытекает, что невыполнение требований нормативных документов привело к завышению критического угла заложения откоса из сыпучего грунта на 15...33% и к завышению критической высоты вертикального откоса на 30...60% (рис. 1).

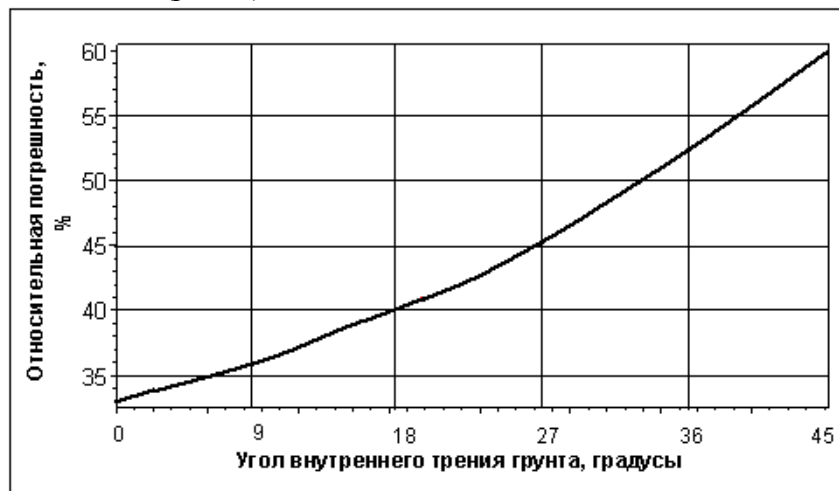


Рисунок 1 – Погрешность определения критической высоты вертикального грунтового откоса

Таким образом, очевидно, что несоблюдение требований нормативных документов приводит к значительному завышению критической высоты вертикального грунтового откоса и угла заложения откоса из сыпучего грунта. Это, в свою очередь, является причиной наибольшего процента летального исхода и травмирования рабочих при выполнении работ нулевого цикла.

#### Список ссылок

1. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Київ. Мінрегіонбуд України, 2009-104 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Київ. Мінрегіонбуд України, 2006 - с. 9.
3. Гольдштейн М.Н., Царьков А.А., Черкасов И.И. «Механика грунтов, основания и фундаменты.»: Учебник для вузов ж.-д. трансп. М.: Транспорт, 1981. – 320 с.
4. Шаповал В.Г., Седин В.Л., Шаповал А.В., Моркляник Б.В., Андреев В.С. Механика грунтов. Учебник. Днепропетровск: Пороги, 2010- 168 с.
5. Ухов С.Б. и др. Механика грунтов, основания и фундаменты: Учебник . - М.: Изд. АСВ, 1994 - 527 с.



**Kozhanov Y. A., Associate Professor, Druzhinina L. V., Associate Professor, Yakubenko A. P., student of gr. ICE 12-12-M**  
(State HEE "Pridniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", Dnepropetrovsk, Ukraine)

## ANALYSIS OF SEISMIC STABILITY OF STRUCTURE AFTER RECONSTRUCTION

More than 20% of the territory of Ukraine is located in regions with hazard of seismic activity. These are regions with numerous resorts and different complexes, where there are a lot of existing buildings and constructions of various types, besides that, the construction of new ones is in progress.

Such characteristic as seismic activity of any territory has its peculiarity – it is the ability to be changed during certain period of time. So, the majority of buildings and constructions, which were designed according to the previous standards, do not satisfy the modern requirements of seismic stability of structure. It is the reason why it is necessary to prospect old constructions and to analyze their condition according to the laws in force.

Besides, many objects located in resorts, which are the regions with the risk of seismic activity, are planned to be reconstructed. It is clear that proprietors want to spread dwelling space of existing buildings and to improve their attractiveness by extending functionality in order to increase profitability. In its turn, these actions may cause various changings in the properties of constructions, that is, the gain of their mass and height. As a result, we have the changed resistance on dynamic forces, such as earthquakes.

In that case, it is better to investigate all possible changings in the properties of constructions and in character of existing objects, in order to design the necessary arrangements for adequately safe work of constructions.

The scientific research is based on a real existing building situated in Sevastopol city, which is planned to be reconstructed by adding the 5-th storey with swimming pool to it. The structure of building is the cast-in-situ frame construction which has sides with the length of 32 m and 11.6 m and four storeys with the total height of 9.9 m beyond the ground level. After the reconstruction this building is planned to be the 5-storeyed with the 15.5 m height.

The model of this building, subjected to dynamic forces from earthquake, was investigated with current structure and loads, and with the changed design after the construction of additional storey with swimming pool. As a result, it was found that more than 50% of structural elements are not able to carry dynamic loads of seismic activity of 8 points, which is representative for this region. According to the results of the first part of research, reconstruction of objects with gain of their mass and height need the urgent strengthening measures.

In the second part of investigation the model of reconstructed building with various types of strengthening is analyzed. Great attention is given to redesign of structural layout by adding diaphragms, to installations of steel ties of various forms and cross sections and to joints strengthening. It is necessary to model many different combinations of strengthening in order to study them from different points of view. That is, economic and technical aspects along with convenient requirements must be analyzed.

Taking into account the above mentioned information, it is planned to compare the given analysis of different types of strengthening so as to give particular recommendations for reconstruction of the researched building and to similar ones situated in the regions with seismic activity.

**Yurchenko E.L., scientific supervision associate professor, Druzhynina L.V., language supervision associate professor, Kanoeva S.G., student gr. 1012**

*(State HEE «Pridneprovsk State Academy of Construction and Architecture, Dnipropetrovsk, Ukraine»)*

## **THE ENERGY CONSUMPTION OF BUILDINGS AND WAYS TO REDUCE**

Energy conservation becomes more and more acute problem from year to year. There are factors that make us think about the necessity of energy conservation measures: limited energy resources, high value of energy, negative environmental effects from energy production. Solving of the problem of energy saving would help Ukraine to come out of a economic crisis and to reduce a dependence on suppliers of energy resources. A construction complex is one of the most active users of energy. All over the world building have an extremely high level of energy consumption (about 40 percent from worlds rate). In addition buildings create atmospheric emission of greenhouse gases and amount of these gases is higher than from all vehicles taken together. However investments in a decrease energy use in building sector are more profitable, then in other sectors of energy conservation. World experience shows a real opportunity to reduce at least half of the energy.

Politics of energy conservation in Europe implements by Directive 2010/31/EU «Energy Performance of Building» (EPBD), which are adopted by Euro parliament and Council of Europe in 2002. And as Ukraine is member of European Energy Community, that Ukrainian normative base must be adapted to Directive.

What are the main ways of energy saving in the construction industry? It is necessary to provide the following measures, which are connected with :

- the development of building certificate of energy effectiveness. These certificates includes information about characteristics of energy effectiveness and recommendation about improvement this characteristics with economic justification of these measures;
- the effective heat insulation in the newly built buildings;
- the regular inspection of boilers;
- the new energy-saving technologies for improving the efficiency of existing buildings, such us renewable energy sources;
- requirements of the high energy efficiency for new buildings;
- the subsidies of energy saving at the state level;
- the introduction of a personal energy-efficient housing;
- the introduction of heating systems with individual regulation of heat supply in every flat;
- the building renovation for improvement of heat engineering characteristic.

The Brunch program on energy efficiency in construction in 2010-2014 has been approved in Ukraine. There are a lot important issues in this program: the current state of regulatory support a construction industry, its compliance with modern requirements of the EU and a development of regulations in the field of energy efficiency of buildings. However, the main idea of the program is that regulatory support energy efficiency engineering systems houses is a priority of the state over the next five years. In spite of this the introduction of new energy-saving technologies in the Ukrainian economy moves very slowly. Thus, it is very important to reduce power consumption to control climate changes, to conserve natural resources and to decrease the financial expense of the population in this sector.