

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Национальный технический университет Украины
„Киевский политехнический институт”
Институт энергосбережения и энергоменеджмента
Кафедра геостроительства и горных технологий



***«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ГОРНОГО ДЕЛА И ПОДЗЕМНОГО
СТРОИТЕЛЬСТВА»***

**VI международная научно-техническая конференция
«ЭНЕРГЕТИКА. ЭКОЛОГИЯ. ЧЕЛОВЕК» (конференция
молодых ученых - аспирантов и магистрантов)**

**НТУУ «КПИ» ИЭЭ
Кафедра геостроительства и горных технологий**

22-24 мая 2014 года

Киев

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
Национальный технический университет Украины
„Киевский политехнический институт”
Институт энергосбережения и энергоменеджмента
Кафедра геостроительства и горных технологий



**«ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГОРНОГО ДЕЛА И
ПОДЗЕМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА»**

**Материалы VI международной научно-технической
конференции «ЭНЕРГЕТИКА. ЭКОЛОГИЯ.
ЧЕЛОВЕК» (конференции молодых ученых -
аспирантов и магистрантов)**

**НТУУ «КПИ» ИЭЭ
Кафедра геостроительства и горных
технологий**

Выпуск № 5

Киев -2014

Перспективы развития горного дела и подземного строительства. Сб. научн. трудов. Вып 5. – Киев: Підприємство УВОІ «Допомога» УСІ», 2014. – 245 с.

В сборнике приведены результаты научных разработок студентов, аспирантов, магистрантов и молодых учёных, которые представлены на международную конференцию 22-24 мая 2014 года, организованную кафедрой «Геостроительства и горных технологий» Института энергосбережения и энергоменеджмента Национального технического университета Украины «Киевского политехнического института».

Сборник предназначен для специалистов шахтостроителей и строителей подземных сооружений, а также для студентов вузов горных специальностей.

Сборник печатается по решению учёного совета ИЭЭ НТУУ «КПИ» (протокол № 10 от 28.04.2014 г.)

Редакционная коллегия

докт. техн. наук, профессор зав. каф. геостроительства и горных технологий Института энергосбережения и энергоменеджмента	Кравец В.Г.
к.т.н., доц. каф. геостроительства и горных технологий Института энергосбережения и энергоменеджмента	Вапничная В.В.
докт. техн. наук, профессор, Шахтинский институт Южно – Российского государственного технического университета	Прокопов А.Ю.
докт. техн. наук, профессор действительный член Академии строительства Украины, зам. зав. каф. СШ и ПС ДонНТУ	Борщевский С.В.
канд. техн. наук, доцент декан горно-экологического факультета Житомирского государственного технологического университета	Котенко В.В.
докт. техн. наук, профессор, зав. каф. строительства и геомеханики Национального горного университета	Шашенко А.Н.
докт. техн. наук, профессор, зам. декана горно – строительного факультета Тулского государственного университета	Копылов А.Б.

Компьютерная верстка

к.т.н., доц. каф. геостроительства и горных технологий ИЭЭ	Вапничная В.В.
---	----------------

За справками обращаться по адресу: 03056, г. Киев, ул. Борщаговская, 115, Национальный технический университет Украины «КПИ», кафедра «Геостроительства и горных технологий», тел. 044-454-91-77 E-mail: viktoria0203@yandex.ru

Прокопенко К.Д., студент, Никишенко Т.С., студент, Масленников С.А., канд. техн. наук, доцент каф. «Строительство», Шахтинский институт (филиал) ЮРГПУ(НПИ), г. Шахты, Россия

УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

Предложен способ извлечения железа из отходов обогащения путем механохимической обработки. Приведены зависимости извлечения металла от основных влияющих факторов. Сделан вывод о дальнейшем направлении совершенствования разрабатываемой технологии

We propose a way to extract iron from the tailings by mechanochemical treatment. The dependences of metal extraction from the main influencing factors. It is concluded that the future direction of improving the technology being developed

Железорудные месторождения расположены по всему миру, на всех основных континентах. По данным геологического института США, мировые запасы железной руды оцениваются более чем в 800 млрд. тонн сырой руды, содержащей свыше 230 млрд. тонн железа, разведанные запасы составляют порядка 160 млрд. тонн. Россия является одним из мировых лидеров по запасам, добыче и переработке металлических руд. По разным оценкам, на ее территории сосредоточено от 15,6% до 26% их мировых запасов. Однако по объему добычи наша страна находится лишь на пятом месте, значительно уступая Китаю, Бразилии, Австралии и Индии. Неудовлетворительное положение с добычей руд нашло отражение в Стратегии социально-экономического развития на период до 2025 г, где увеличение добычи железной руды признано приоритетным.

К настоящему моменту под землей в России добывается 8% от общих объемов извлечения железной руды, из них половина приходится на «Евраз ВГОК» и «Евразруд».

Подземный способ разработки железорудных месторождений является основным на действующих предприятиях Алтая-Саянской территории [1]. Рудники — Абаканский, Казский, Таштагольский и Шерегешский — извлекают более половины объема подземной добычи железных руд в России.

В пределах месторождения КМА подземным способом разрабатывают Коробковское месторождение (КМА), это шахта им. Губкина (ОАО «Комбинат КМАруда», Белгородская обл.) и Яковлевское месторождение - Яковлевский рудник (ООО «Металл-групп», Белгородской области) [2].

Для этих условий авторами разрабатывается ресурсосберегающая технология добычи железной руды с закладкой выработанного пространства с использованием в качестве аналога вяжущего и инертного заполнителей отходов обогащения [1, 2].

Технологическая схема переработки хвостов обогащения приведена на рис. 1.

Использование для закладки или изготовления закладочных смесей отходов обогащения без доизвлечения металла ведет к образованию источников миграции химически опасных элементов в подземные воды, в процессе развития естественного выщелачивания, и далее в поверхностные экосистемы. Для снижения содержания металлов в отходах может быть использована технология механохимической активации, положительно зарекомендовавшая себя при переработке отходов полиметаллических руд.

Образцы для исследований отбирались из хранилища Лебединского ГОКа. Изучение минерального состава показало, что в состав хвостов входят: кварц, магнетит, гематит, карбонат, слюда, пирит, ильменит, силикат, и полевой шпат.

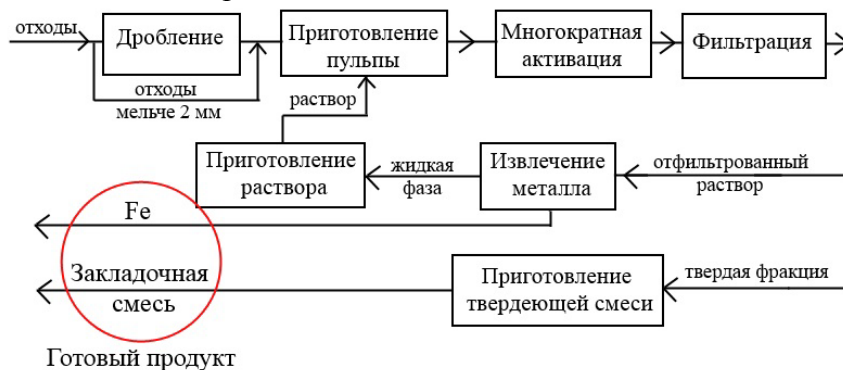


Рис. 1. Технологическая схема безотходной переработки хвостов

Химический анализ состава отобранной для исследования пробы хвостов показал наличие следующих соединений: SiO_2 – 64%, Fe – 8%, Al_2O_3 – 5,2%, Mn – 3,2%, K_2O – 0,7%, P – 0,1%, Ca – 0,8%, MgO – 0,2%, Cu – $5 \cdot 10^{-3}\%$, Ni – $4 \cdot 10^{-3}\%$, Zn – $5 \cdot 10^{-4}\%$, As, Ba, Be, Bi, Co, Cr, Li, Mo, Nb, Pb, Sb, Sn, Sr, Ti, V, Y – на уровне $(30-50) \cdot 10^{-6}\%$.

Характеристика гранулометрического состава представлена в таблице 1.

Таблица 1

Крупность хвостов обогащения хвостов обогащения железистых кварцитов

Вид отходов	Остатки на ситах, %					
	0,63	0,315	0,14	0,071	<0,071	Сумм.
Хвостохранилище	0,5	3,2	27,6	21,4	47,3	100

Для обеспечения возможности оценки повышения извлечения железа из отходов обогащения руды на первом этапе проводилось исследование процесса агитационного выщелачивания. Эксперимент включал: отбор с помощью технических весов пробы весом 50 г (выщелачиваемого в единичном эксперименте); приготовление выщелачивающего раствора заданного состава; смешивание выщелачиваемого материала в реакционном сосуде мешалки с необходимым объемом выщелачивающего раствора; процесс агитационного выщелачивания материала заданное время; фильтрацию производственного раствора; исследование отфильтрованного раствора в химической лаборатории; обработку результатов. Полученная регрессионная зависимость представлена в табл. 2.

Таблица 2

Регрессионный анализ экспериментальных данных

Уравнение регрессии	Показатели значимости
$\varepsilon = 2.095 + 1.231X_1 + 0,444X_2 + 0,275X_3 + 0,176X_4 + 0,290X_{12} + 0,330X_{22} - 0,325X_{32} + 0,225X_{42} - 0,127X_1X_2 + 0,047X_2X_3 + 0,036X_3X_4$	$R^2 = 0,977;$ $S_{ad} = 0,0673;$ $F = 225,99$

Примечание. Безразмерные переменные определяются из выражений:

$$X_1 = \frac{C_{H_2SO_4} - 6}{4}; \quad X_2 = \frac{C_{NaCl} - 90}{70}; \quad X_3 = \frac{(Ж : Т) - 7}{3}; \quad X_4 = \frac{t - 0,625}{0,375}.$$

На основе полученной регрессионной зависимости были построены графики изменения извлечения металла от содержания серной кислоты и соли, факторы «Соотношение Ж:Т» и «Скорость вращения роторов дезинтегратора» устанавливаем

при этом на нулевом уровне (см. рис. 2) и график изменения извлечения металла от факторов «Соотношение Ж:Т» и «Скорость вращения роторов дезинтегратора», при уровне факторов содержание серной кислоты и соли на нулевом уровне (см. рис. 3).

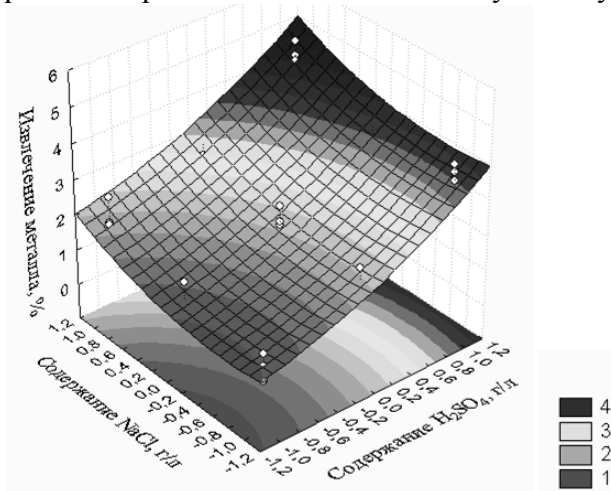


Рис. 2. Подогнанная поверхность зависимости извлечения металла, %, от содержания H₂SO₄ и NaCl

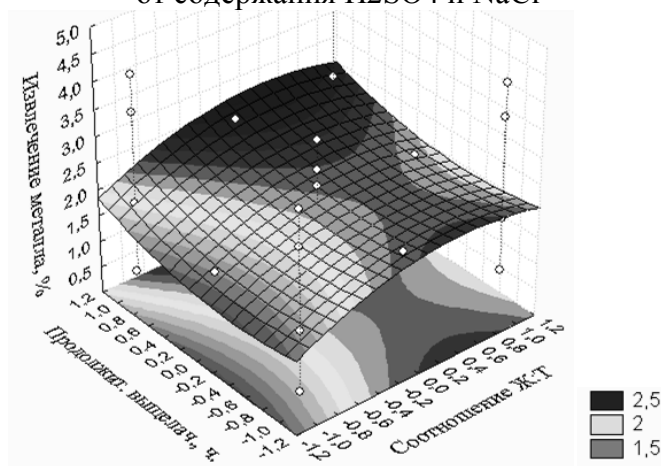


Рис. 3. Подогнанная поверхность зависимости извлечения металла, %, от соотношения Ж:Т и скорости вращения роторов дезинтегратора

На втором этапе был изучен процесс выщелачивания хвостов растворами одновременно с активацией в дезинтеграторе.

В ходе исследования с использованием математического планирования эксперимента изучалась зависимость извлечения железа из измельченных хвостов обогащения железистых кварцитов от содержания в выщелачивающем растворе серной кислоты и хлорида натрия, соотношения жидкой и твердой фаз (далее Ж:Т) и скорости вращения роторов дезинтегратора. Для планирования был использован трехуровневый некомпозиционный план Бокса-Бенкена.

Исследование проводилось следующим образом: отвешивалось 50 г высушенного материала, выщелачиваемого в единичном эксперименте, отмеренную навеску добавляли в выщелачивающий раствор заданного для данного единичного эксперимента состава; полученную пульпу пропускали через дезинтегратор; после завершения выщелачивания продукционный раствор фильтровался и направлялся в химическую лабораторию для анализа содержания в нем металлов. После проведения серии экспериментов, определенной используемым планом, полученные результаты

подвергались регрессионному анализу (см. табл. 3), в ходе которого определялись рациональные значения независимых параметров процесса, т.е. технологии механохимической обработки.

Таблица 3

Результаты регрессионного анализа экспериментальных данных

Уравнение регрессии	Показатели значимости
$\varepsilon = 2.447 + 1.736X_1 + 0,714X_2 + 0,48X_3 + 0,372X_4 + 0,655X_1^2 + 0,705X_2^2 - 0,27X_3^2 + 0,142X_1X_3 + 0,147X_1X_4 + 0,136X_2X_3 + 0,198X_2X_4 + 0,184X_3X_4$	$R^2 = 0,954;$ $S_{ad} = 0,3393;$ $F = 75,47$

Примечание. Безразмерные переменные определяются из выражений:

$$X_1 = \frac{C_{H_2SO_4} - 6}{4}; \quad X_2 = \frac{C_{NaCl} - 90}{70}; \quad X_3 = \frac{(Ж : Т) - 7}{3}; \quad X_4 = \frac{f - 125}{75}.$$

где $C_{H_2SO_4}$ - содержание серной кислоты в выщелачивающем растворе, г/л.;

C_{NaCl} - содержание NaCl в выщелачивающем растворе, г/л.; $Ж : Т$ - соотношение жидкой и твердой фаз; f - скорость вращения роторов дезинтегратора, Гц.

Для наглядности представления полученных результатов был построен график изменения извлечения металла от содержания серной кислоты и соли, факторы «Соотношение Ж:Т» и «Скорость вращения роторов дезинтегратора» установлены при этом на нулевом уровне (см. рис. 4) и график изменения извлечения металла от факторов «Соотношение Ж:Т» и «Скорость вращения роторов дезинтегратора», при величине факторов содержание серной кислоты и соли на нулевом уровне (см. рис. 5).

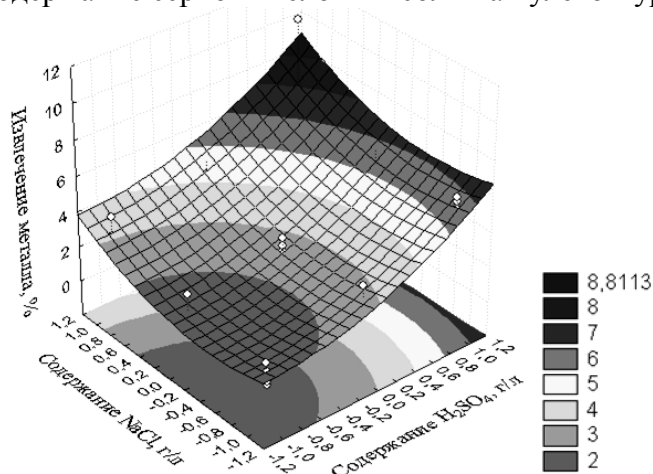


Рис. 4. Подогнанная поверхность зависимости извлечения металла, %, от содержания H_2SO_4 и NaCl

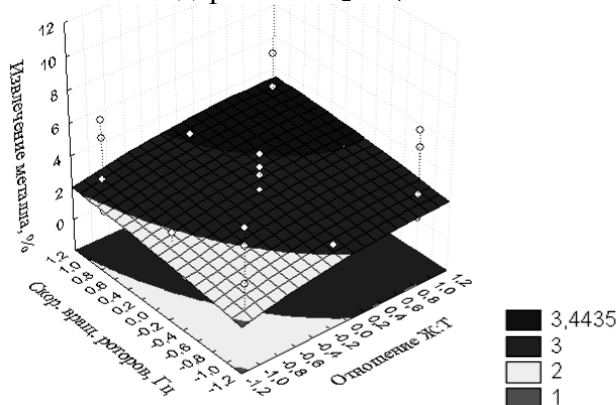


Рис. 5. Подогнанная поверхность зависимости извлечения металла, %, от соотношения Ж:Т и скорости вращения роторов дезинтегратора

Остаточное содержание элементов в хвостах после различных видов обработки сведено в табл. 4.

Таблица 4

Содержание элементов во вторичных хвостах

Химический элемент	Содержание в хвостах после обработки по виду				
	1	2	3	4	5
Cu	$4,7 \cdot 10^{-3}\%$	$4,3 \cdot 10^{-3}\%$	$4,3 \cdot 10^{-3}\%$	$4,1 \cdot 10^{-3}\%$	$3,8 \cdot 10^{-3}\%$
Ni	$3,5 \cdot 10^{-3}\%$	$3,3 \cdot 10^{-3}\%$	$3,1 \cdot 10^{-3}\%$	$3,2 \cdot 10^{-3}\%$	$2,9 \cdot 10^{-3}\%$
Zn	$4,2 \cdot 10^{-4}\%$	$3,9 \cdot 10^{-4}\%$	$3,7 \cdot 10^{-4}\%$	$3,7 \cdot 10^{-4}\%$	$3,2 \cdot 10^{-4}\%$
As	$48 \cdot 10^{-6}\%$	$48 \cdot 10^{-6}\%$	$45 \cdot 10^{-6}\%$	$45 \cdot 10^{-6}\%$	$43 \cdot 10^{-6}\%$
Ba	$28 \cdot 10^{-6}\%$	$25 \cdot 10^{-6}\%$	$24 \cdot 10^{-6}\%$	$24 \cdot 10^{-6}\%$	$21 \cdot 10^{-6}\%$
Be	$25 \cdot 10^{-6}\%$	$18 \cdot 10^{-6}\%$	$18 \cdot 10^{-6}\%$	$18 \cdot 10^{-6}\%$	$17 \cdot 10^{-6}\%$
Bi	$38 \cdot 10^{-6}\%$	$34 \cdot 10^{-6}\%$	$32 \cdot 10^{-6}\%$	$35 \cdot 10^{-6}\%$	$30 \cdot 10^{-6}\%$
Co	$42 \cdot 10^{-6}\%$	$40 \cdot 10^{-6}\%$	$35 \cdot 10^{-6}\%$	$35 \cdot 10^{-6}\%$	$35 \cdot 10^{-6}\%$
Cr	$47 \cdot 10^{-6}\%$	$46 \cdot 10^{-6}\%$	$44 \cdot 10^{-6}\%$	$45 \cdot 10^{-6}\%$	$43 \cdot 10^{-6}\%$
Li	$36 \cdot 10^{-6}\%$	$33 \cdot 10^{-6}\%$	$32 \cdot 10^{-6}\%$	$30 \cdot 10^{-6}\%$	$30 \cdot 10^{-6}\%$
Mo	$48 \cdot 10^{-6}\%$	$45 \cdot 10^{-6}\%$	$43 \cdot 10^{-6}\%$	$43 \cdot 10^{-6}\%$	$43 \cdot 10^{-6}\%$
Nb	$38 \cdot 10^{-6}\%$	$33 \cdot 10^{-6}\%$	$30 \cdot 10^{-6}\%$	$30 \cdot 10^{-6}\%$	$25 \cdot 10^{-6}\%$
Pb	$34 \cdot 10^{-6}\%$	$34 \cdot 10^{-6}\%$	$31 \cdot 10^{-6}\%$	$31 \cdot 10^{-6}\%$	$28 \cdot 10^{-6}\%$
Sb	$50 \cdot 10^{-6}\%$	$50 \cdot 10^{-6}\%$	$48 \cdot 10^{-6}\%$	$49 \cdot 10^{-6}\%$	$43 \cdot 10^{-6}\%$
Sn	$55 \cdot 10^{-6}\%$	$52 \cdot 10^{-6}\%$	$45 \cdot 10^{-6}\%$	$45 \cdot 10^{-6}\%$	$48 \cdot 10^{-6}\%$
Sr	$37 \cdot 10^{-6}\%$	$37 \cdot 10^{-6}\%$	$35 \cdot 10^{-6}\%$	$35 \cdot 10^{-6}\%$	$33 \cdot 10^{-6}\%$
Ti	$48 \cdot 10^{-6}\%$	$42 \cdot 10^{-6}\%$	$40 \cdot 10^{-6}\%$	$40 \cdot 10^{-6}\%$	$37 \cdot 10^{-6}\%$
V	$52 \cdot 10^{-6}\%$	$48 \cdot 10^{-6}\%$	$45 \cdot 10^{-6}\%$	$42 \cdot 10^{-6}\%$	$43 \cdot 10^{-6}\%$
Y	$43 \cdot 10^{-6}\%$	$43 \cdot 10^{-6}\%$	$45 \cdot 10^{-6}\%$	$41 \cdot 10^{-6}\%$	$39 \cdot 10^{-6}\%$

Технология механохимической активации отходов обогащения железных руд позволяет снизить содержание железа до 12% от исходной величины, при этом извлекается наиболее легкодоступная часть металла, и после использования в закладке переработанных таким способом отходов процессы естественного выщелачивания развиваются медленнее и в подземные воды переходит значительно меньшее количество железа.

После анализа полученных результатов, а также их сравнения с результатами переработки по подобной технологии отходов полиметаллических руд, наиболее перспективным направлением дальнейших изысканий признано исследование многократной активации отходов обогащения железистых кварцитов в установке типа дезинтегратор, а также изучения вяжущего эффекта активированных в сухом состоянии хвостов.

Библиографический список

1. Голик, В.И. Исследование технологии выщелачивания металлов из хвостов обогащения [Текст] / В.И. Голик, С.Г. Страданченко, С.А. Масленников // Уголь, 2012. - №9. - С. 91-93.
2. Голик В.И., Масленников С.А. Механо-химико-активационная технология извлечения металлов из скальных руд [Текст] // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2012. - №9. – С. 20-25.

Міт'юк Л.О., Праховник Н.А., к.т.н., доц. (каф. ОТГБ НТУУ «КПІ»),
Пуга Л.М., Пасько М.В., Шевченко В.А., студенти (гр.ОБ-21, ІЕЕ НТУУ «КПІ»)

АДАПТАЦІЯ ФОРМИ ГІРНИЧОЇ ВИРОБКИ ДО НАПРУЖЕНОГО СТАНУ МАСИВУ

Надійність і безпека експлуатації підземної виробки, а як наслідок і безпечні умови праці, багато в чому обумовлюється правильністю вибору форми і розмірів її поперечного перерізу, обраного зазвичай виходячи з функціонального призначення виробки і застосовуваного типу кріплення.

Надежность и безопасность эксплуатации подземной выработки, а как следствие и безопасные условия труда, во многом обуславливается правильностью выбора формы и размеров ее поперечного сечения, выбранного обычно исходя из функционального назначения выработки и применяемого типа крепления.

Reliability and safety of underground workings, and as a consequence, and safe working conditions, largely determined by correct choice of shape and size of its cross section, usually selected on the basis of the functional purpose of development and the type of attachment used.

На шахтах Донбаського регіону більше 40% випадків травмування припадає на прохідницькі вибої, що проводяться буропідричним способом з різними засобами механізації гірничо-підготовальних робіт. Аналізуючи розподіл випадків травматизму по небезпечним виробничим факторам, при різних технологіях проведення виробок, слід зазначити, що основна кількість травм припадає на «обвал породи» (від 34,2 до 49,6 %) від загальної кількості травм, що відбулися в прохідницьких вибоях і виробках. Ступінь небезпеки істотно залежить від видів машин і механізмів, їх надійності - якості рівня організації праці, природного середовища та «людського» чинника. Таким чином, актуальним завданням, в процесі скорочення виробничого травматизму і правильної організації охорони праці при проведенні гірничо-прохідницьких робіт, є аналіз та вибір форми поперечного перерізу гірничої виробки.

Надійність і безпека експлуатації підземної виробки, а як наслідок і безпечні умови праці, багато в чому обумовлюється правильністю вибору форми і розмірів її поперечного перерізу, обраного зазвичай виходячи з функціонального призначення виробки і застосовуваного типу кріплення. При цьому, поле розподілу напружень в породному масиві, як правило, не враховується. Пояснюється це тим, що початковий напружений стан породного масиву в місці розташування виробки характеризується високим ступенем невизначеності, яка обумовлена відсутністю інформації про властивості масиву. З одного боку, будь-які експериментальні методи вивчення напружень у породах, так чи інакше, порушують початковий стан масиву, а з іншого боку, аналітичні методи надмірно ідеалізують задачу про оцінку напруженого стану масиву, тому її рішення далекі від реальності.

Відсутність науково обґрунтованих методів вибору форми виробки в умовах невизначеності напруженого стану породного масиву часто призводить до великих втрат ресурсів і до серйозних аварій, що тягне за собою підвищення кількості випадків травматизму.

Розв'язання проблеми можливе за рахунок адаптації поперечного перерізу виробки до вихідного поля напруги. Спочатку визначається форма і розміри порожнини з міркувань функціонального призначення, знаючи наперед, що ця форма не найкраща з точки зору стійкості. У міру проведення виробки шляхом шахтних інструментальних спостережень за станом масиву встановлюється місце зародження і вид руйнування порід і по них ідентифікується геомеханічна ситуація, тобто

визначається, при якому полі напружень могла б реалізуватися дана форма втрати стійкості породного оголення. Після цього за допомогою буропідричних робіт у приконтурному масиві створюють зону розвантаження, зовнішній контур якої утворює овал, витягнутий в напрямі, перпендикулярному переважному поширенню руйнувань від стиснення. Розміри зони руйнування змінюють поступово, домагаючись того, щоб руйнування порід загасало. При цьому основою управління формою гірничої виробки є інформація про інтенсивність руйнування порід, яка є у особи, що приймає рішення (ОПР), в результаті геомеханічного моніторингу. Маючи в своєму розпорядженні інформацію про попередні стани породного масиву і обґрунтовуючи свої припущення про можливі його стани далі по трасі споруджується виробка, ОПР обирає найкращий спосіб досягнення необхідної надійності виробки, пристосовуючи тим самим її форму до напруженого стану масиву.

У ході такого управління виникає ряд труднощів для досягнення максимального рівня безпеки праці, один з яких полягає в тому, що повна інформація, необхідна для прийняття раціонального рішення, відсутня або не може бути формалізована. Тим самим виникає проблема вибору в умовах ймовірності кількох фіналів і недостатності інформації або, як прийнято характеризувати подібну ситуацію [1], в умовах невизначеності. Ця невизначеність є як наслідком ймовірнісного характеру напруженого стану породного масиву, так і неможливості точного прогнозування результатів геомеханічних процесів. Априорне виявлення переваг ОПР на підставі геомеханічного моніторингу якраз і дозволяє врахувати наявність цих факторів, а також знизити рівень невизначеності та підвищити ефективність рішень. Практика показує, що прагнення відкинути випадкові чинники і приймати рішення на основі гідростатичного поля розподілу напружень веде до недостатньої надійності виробки, що в свою чергу, порушує норми охорони праці і може спричинити за собою перевитрату матеріальних ресурсів та перехід робочої ситуації під позаштатну або, навіть, аварійну.

При прийнятті рішень з урахуванням факторів, ймовірнісних за своєю природою або неконтрольованих ОПР, прийнято розрізняти ситуації ризику і невизначеності. У першому випадку передбачається, що ймовірності можливих результатів відомі або можуть бути, принаймні, визначені, тоді як у другому - ці результати не можна передбачити за допомогою ймовірностей.

Ефективність різних поперечних перерізів підземної виробки досліджена шляхом аналізу ризику, пов'язаного з вибором стратегії (еліптичної - μ_1 , круглої - μ_2 , абочної - μ_3 і прямокутної - μ_4 форм виробітку) в умовах невизначеності геомеханічної обстановки, що задається в гравітаційному полі напружень коефіцієнтом бічного розпору порід $0 \leq \lambda_j \leq 1$, що приймає ймовірно значення $\lambda_1 = 0,33$, $\lambda_2 = 0,66$, $\lambda_3 = 1,0$. П'ята стратегія μ_5 відповідає способу адаптації перерізу виробки абочної форми до вихідного поля напруг за рахунок створення зони розвантаження, зовнішній контур якої найкращим чином з точки зору стійкості порід відповідає коефіцієнту бокового розпору, при цьому розвантажені від напруг породи використовуються для створення несучих конструкцій, протидіючих спільно з кріпленням розвитку геомеханічних процесів [2]. Тим самим за рахунок штучного пристосування конфігурації зони руйнування до поля напружень стійкість виробки збільшується, а стратегія μ_5 ніби наближається до випадку проведення виробки в умовах невизначеності.

Таблиця 1

Значення показника працездатності $W_{i,j}$ (чисельник) і ризиків $R_{i,j}$ (знаменник) для різних стратегій

	λ_1	λ_2	λ_3	$\sum_j p_j W_{i,j} \rightarrow \max$	$R_i = \sum_j p_j (W_j^{\max} - W_{i,j}) \rightarrow \min$
μ_1	0,8 / 0,15	0,9 / 0,05	1,0 / 0,0	0,891	0,066
μ_2	0,3 / 0,65	0,4 / 0,55	1,0 / 0,0	0,561	0,396
μ_3	0,5 / 0,45	0,7 / 0,25	0,9 / 0,1	0,693	0,264
μ_4	0,4 / 0,55	0,6 / 0,35	0,8 / 0,2	0,594	0,363
μ_5	0,95 / 0,0	0,95 / 0,0	0,9 / 0,1	0,924	0,033

Для кожної пари μ_i і λ_j матрицею (табл. 1) задано показник працездатності $W_{i,j}$ вироблення тієї чи іншої форми, рівний відношенню площі зруйнованих елементів до загальної площі моделі і встановлений за результатами чисельного моделювання методом кінцевих елементів на ЕОМ [3] за умови сталості всіх інших факторів. За своїм змістом показник ефективності $W_{i,j}$ являє собою ймовірну гарантію досягнення мети, а його чисельна величина узгоджується з уявленнями ОПР про ступінь переваги даної стратегії. При $W_{i,j} = 1$ буде забезпечена абсолютна надійність виробки і повна безпека умов праці прохідницьких бригад, так як контур виробки стійкий і руйнувань немає.

Очевидно, якби значення коефіцієнта бокового розпору λ було відомо заздалегідь, то ми б вибрали ту стратегію, у якій показник працездатності максимальний при оптимальних показниках безпеки. Виникає питання: «За рахунок чого $W_{i,j} > W_{k,l}$?». За рахунок вдало обраної стратегії μ_i , або просто стану масиву λ_j вигідніше, ніж λ_l . Отже, показник вибору рішення повинен не тільки характеризувати стан вироблення даної форми в кожній ситуації, а й відбивати вдалість або невдалість даної стратегії при певному λ .

З цією метою вводиться поняття ризику $R_{i,j}$, яке визначається як різниця між показником працездатності, який можна забезпечити в умовах визначеності, і показником, встановленим для кожної стратегії за відсутності відомостей про λ (табл. 1). Таким чином, є дві постановки задачі про вибір форми виробки: по одній треба забезпечити максимальну адаптацію перетину до напруженого стану масиву, а за іншою - мінімальний ризик. Якщо припустити, що всі випадки λ_j рівноймовірні, оптимальну стратегію можна вибрати по максимальному середньому показнику в рядку або за мінімальним середнього ризику (табл. 1). З аналізу таблиці випливає, що та ж стратегія μ_5 , яка відповідає максимуму середнього показника працездатності, зводить до мінімуму і середній ризик. Близьке значення має еліптична форма виробки. Однак при $\lambda = 0,33$ висота такої виробки повинна бути в три рази більше ширини, що суперечить функціональним вимогам. У цьому якраз і полягає суть технічного протиріччя, що є однією з причин недостатньої надійності низьких і широких виробок при $\lambda < 1$, усуваються за допомогою запропонованого способу μ_5 .

Таким чином, запропонований спосіб адаптації поперечного перерізу виробки до напруженого стану породного масиву дозволяє штучно сформувати таку геомеханічну обстановку, за якої виробка споруджується як би в умовах визначеності, що істотно змінює роль кріплення та дає можливість значно підвищити надійність виробки - знизити кількість випадків травматизму при проведенні гірничопрхідницьких робіт, при одночасному зниженні витрат на її кріплення. ОПР повинен вибрати оптимальну стратегію. У разі вибору неправильної стратегії робота в забої може бути неефективною і небезпечною, що спричинить за собою підвищення рівня травматизму, зниження ефективності роботи шахти.

Бібліографічний список

1. Зайченко Ю.П. Теория принятия решений / Ю.П. Зайченко, — К.: Слово, 2004. — С.352.
2. Литвинский Г.Г. Способы повышения устойчивости горных выработок // Г.Г.Литвинский, В.М. Пичковский, Г.В. Бабиюк, Науковий вісник НГУ – 2007. – №5.
3. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике / А.Б. Фадеев, - М: Недра, 1987.

УДК.624.131

Ермоленко Л.С., магистрант, Рубан Н.Н., аспирант, Солодянкин А.В., проф., д.т.н., профессор каф. СГМ, Государственный ВУЗ «НГУ», г. Днепропетровск, Украина

ОЦЕНКА ОСЕДАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗДАНИЙ ПРИ СООРУЖЕНИИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Рассмотрен проект строительства многофункционального комплекса с подземным гаражом в условиях плотной городской застройки. Разработана численная модель участка породного массива, вмещающего строящийся объект и прилегающие здания. Обоснован способ охраны существующих зданий от деформаций и его параметры.

Reviewed a draft of the multifunctional complex with underground garage in dense urban areas. A numerical model of the native array in accommodating the object under construction and adjacent buildings. Justified a method of protection of existing buildings from the deformation and its parameters.

Введение. Дальнейшее развитие крупных городов в настоящее время, при остром дефиците свободных территорий для строительства на поверхности, плотной городской застройке невозможно без освоения подземного пространства.

Зарубежный опыт показывает, что для обеспечения устойчивого равновесия и комфортного проживания в мегаполисе доля подземных сооружений от общей площади вводимых объектов должна составлять 20-25%. В Москве же эта цифра не превышает 8%, в Киеве не более 6%, еще меньше в других городах СНГ [1].

Анализ современного состояния и стратегии развития города Днепропетровска. На современном этапе город Днепропетровск является сложившимся мегаполисом с многочисленными памятниками исторического наследия, развитой промышленностью, культурными и научно-образовательными центрами.

В настоящее время в структуре развития Днепропетровска существует безусловная диспропорция. Преобладающим является строительство объектов на поверхности, среди которых основной объем занимают торгово-развлекательные комплексы, супермаркеты, гостиницы и здания офисного типа.

Примером комплексного подхода при развитии центральной части города с освоением подземного пространства могут служить оригинальные архитектурно-планировочные решения в некоторых городах Германии. Так, в подземном культурном комплексе у кафедрального собора в старой части Кельна размещены ряд крупных объектов: два музея, концертный зал Кельнской филармонии и подземная автостоянка. Подземный комплекс, примыкающий к железнодорожному вокзалу в Штутгарте, дал возможность изолировать друг от друга потоки людей и автотранспорта, предоставив свободный проход пассажирам в близлежащий парк, к автостоянкам, остановкам

трамвая, станциям метро и железной дороги. В просторных подземных помещениях размещены многочисленные торговые точки и пункты питания [2].

В связи с этим, одной из важных направлений в стратегии развития города Днепропетровска является планирование комплексов, объединяющих объекты как наземные, так и подземные. Такие комплексы позволят снять «напряженность» в деловых кварталах города, районах, насыщенных транспортными линиями и пассажиропотоками и т.д. Эффективность и целесообразность развития подземной инфраструктуры города заключается в комплексном использовании таких подземных объектов, как:

- торгово-развлекательные комплексы;
- культурные и спортивные центры;
- механизированные стоянки для легковых автомобилей;
- проходные тоннели для инженерных сетей;
- автодорожные транспортные тоннели,
- расположенных в центральном районе Днепропетровска, и соединенных подземными переходами с линиями общественного транспорта и общественными объектами.



Рис. 1. Место строительства многофункционального комплекса

В качестве примера подобного объекта может быть рассмотрен многофункциональный комплекс в районе Нагорного рынка по пр. Гагарина (рис. 1), между домами №21 (жилой, многоэтажный) и № 29 (торговый центр). Назначение данного объекта, учитывая находящиеся рядом многоэтажные студенческие общежития НГУ, НМетАУ и УДХТУ– культурно-развлекательный центр с многоярусным подземным гаражом (паркингом). Наличие последнего весьма актуально, поскольку рядом расположен огромный торговый центр «Нагорный», супермаркет АТБ и ряд других торговых центров, учреждений и офисных помещений.

Однако, при проектировании и строительстве таких сооружений, необходимо учитывать их влияние на фундаменты существующих зданий. Для снижения степени влияния необходимо проведение дополнительных защитных мероприятий.

Целью исследований, результаты которых изложены в статье, является определение рациональных параметров защитных мероприятий, предупреждающих опасные деформации фундаментов существующих зданий при строительстве многофункционального культурно-развлекательного комплекса с подземным гаражом по адресу: пр. Гагарина, 23/27. Решение этой задачи было выполнено с применением численного метода исследований.

Идея работы заключается в определении дополнительных осадок фундаментов существующих зданий от нового строительства с учетом горно-геологических условий и параметров ограждающих конструкций.

Численные исследования напряженно-деформированного состояния породного массива в районе строительства. Подземный гаражный комплекс представляет собой трехэтажное сооружение с монолитными железобетонными стенами и перекрытием, фундамент – плитный железобетонный, закладываемый на глубине 12 м. Вместимость – 150 автомобилей.

Строительная площадка сложена в верхней части насыпным и почвенно-растительным слоем, мощностью 80 см (рис. 2). Далее, до глубины 17 м залегает лесс, ниже – суглинок. Уровень грунтовых вод находится на глубине 12-13 м.

Предельно допустимая величина осадок фундаментов существующих зданий составляет 4 см, предельный крен 0,004. Для учета нагрузок на фундаменты существующих и строящегося здания был выполнен сбор нагрузок.

Разработанная численная модель представляет собой участок породного массива, включающего существующие здания и строящийся подземный комплекс (рис. 3). Породный массив представляется весомой линейно-деформируемой средой. Все виды нагрузок, действующие на массив, приведены к статическим силам и приложены в узловых точках. На внешнем контуре области массива заданы поверхностные силы. Деформационные свойства среды описываются модулем деформации и коэффициентом Пуассона.

Для решения задачи использовался программный продукт Phase 2, реализующий метод конечных элементов. Исследуемая область аппроксимировалась треугольными элементами.

При разработке модели были введены некоторые упрощения:

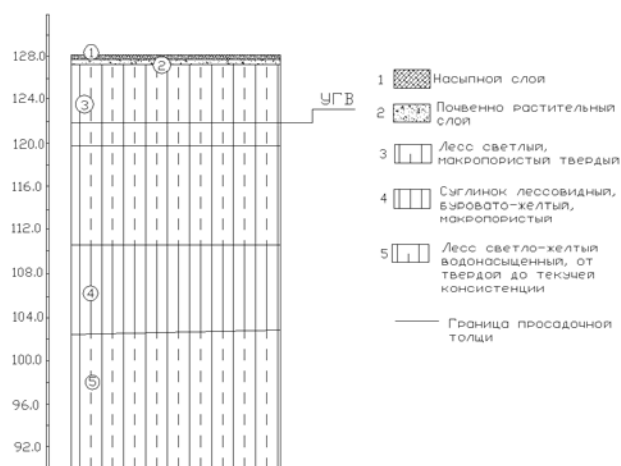


Рис. 2. Геологический разрез

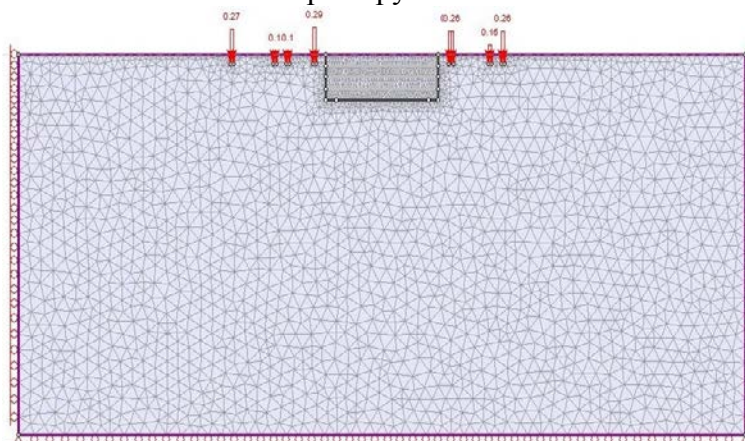


Рис. 3. Численная модель участка строительства

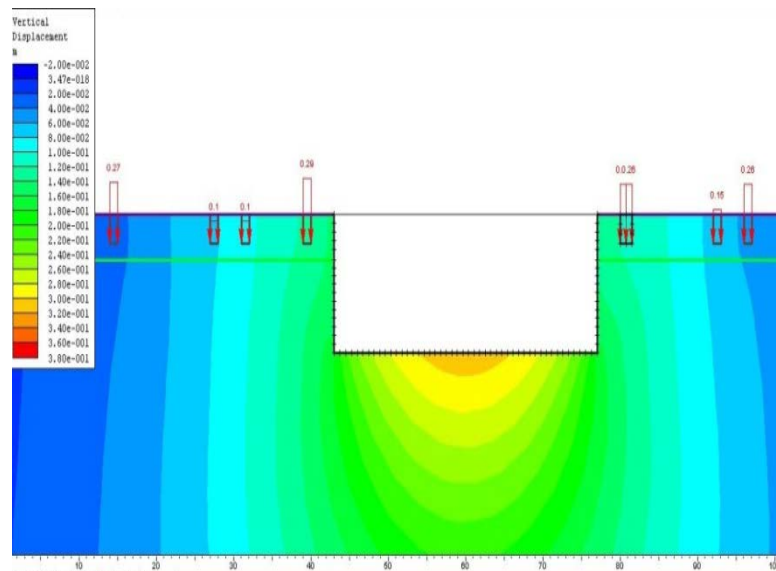
1. Для решения задачи принята плоская модель, которая находится в наиболее опасном сечении котлована.

2. Рассматривается необводненный массив.

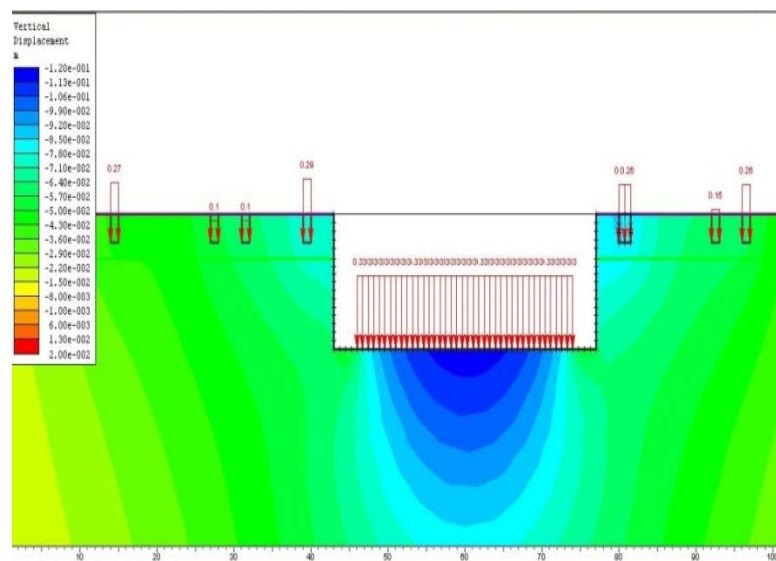
3. Разработка котлована и строительство подземного гаража рассматриваются поэтапно.

На первом этапе моделировалось последовательное раскрытие котлована и возведение гаража с оценкой НДС породного массива и находящихся рядом зданий. Осадка фундаментов зданий и деформации котлована оценивались величиной вертикальных и горизонтальных смещений (рис. 4).

В результате было установлено, что величина дополнительных осадок оснований существующих зданий при строительстве подземного объекта превышает допустимые значения для рассматриваемого класса зданий при глубине котлована свыше 6 м. В условиях неравномерных осадок фундаментов, существующие здания могут испытывать крен, значение которого также выше максимально допустимого значения.



а)



б)

Рис. 4. Вертикальные перемещения в подошве фундаментов существующих домов и стенах котлована: а - разработка котлована на глубину 12 м; б - сооружение подземного комплекса

Таким образом, для защиты фундаментов существующих зданий от влияния нового строительства должны быть предусмотрены защитные мероприятия.

Обоснование параметров способа защиты фундаментов близкорасположенных зданий от повышенных деформаций. В качестве защитного мероприятия была принята технология струйной цементации грунтов (рис. 5). Преимуществом этой технологии является возможность производства работ без динамических нагрузок на близко расположенные здания. Кроме того, устройство ограждения котлована из грунтобетонных свай позволяет выполнить работы с высокой производительностью и в короткие сроки.

Для проведения исследований и оценки эффективности способа защиты фундаментов от нового строительства в разработанную ранее численную модель введены элементы усиления в виде грунтоцементных колонн, расположенных под ближайшими к котловану участками фундаментов. Угол наклона сваи от вертикали принят равным 80° – для удобства бурения скважин у стен зданий.

В качестве исследуемых параметров приняты глубина заложения основания колонны от поверхности и диаметры грунтоцементных колонн 120 и 160 см.

Степень эффективности применяемых колонн определялась разностью между смещениями крайних точек фундаментов домов №21 и №29 и горизонтальными смещениями верхних точек котлована. Эти значения определялись при разработке котлована на полную глубину 12 м. В качестве контрольных значений приняты результаты исследований предыдущей модели №1.

Для определения степени эффективности применяемых грунтоцементных свай был рассмотрен ряд моделей с различными параметрами свай. При моделировании грунтоцементных свай, имеющих длину свыше 17 м, возникла необходимость введения в численную модель еще одного слоя – суглинка, имеющего более высокие прочностные свойства, чем залегающий выше лесс (рис. 6).

Сравнение результатов моделирования приведено на рис. 7. Оно показало, что наиболее эффективной схемой повышения устойчивости грунтового массива является модель № 7. Глубина заложения колонны составляет 21 м; диаметр 120 см; угол наклона к вертикали 80° . Такие колонны обеспечивают выполнение требований допустимой осадки фундаментов, крена зданий и снижают деформации стен котлована.

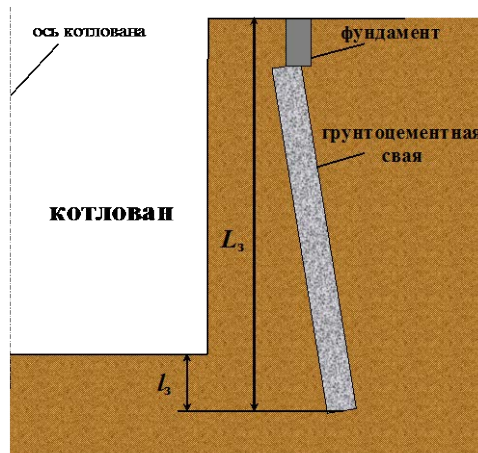


Рис. 5. Схема расположения сваи под фундаментом здания

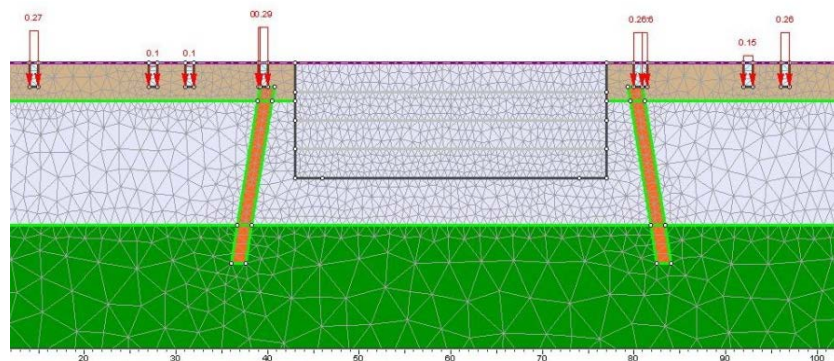


Рис. 6. Расчетная схема задачи с грунтоцементными сваями длиной 21 м и диаметром 1,6 м (модель 6)

При этом нужно учитывать, что снижение осадок фундамента зависит также от прочности массива, который является основанием грунтоцементной колонны. Результаты моделирования позволили установить зависимости величины смещений породного массива U (см) (рис. 8):
 – от глубины заложения грунтоцементной колонны L_3 :

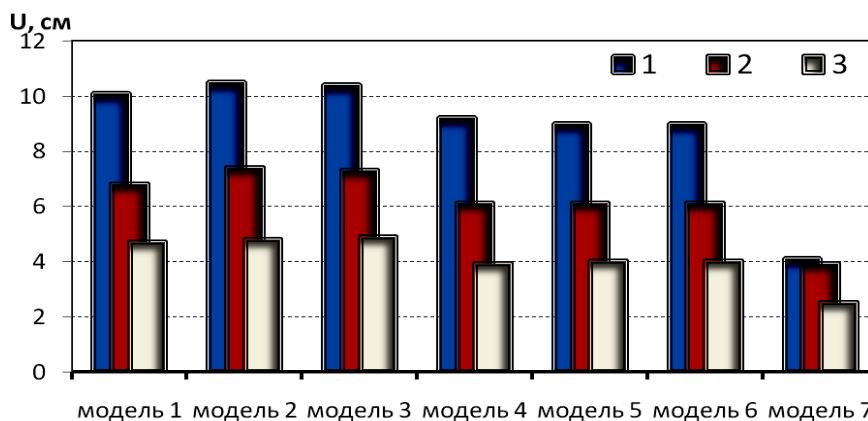


Рис. 7. Сравнение результатов моделирования различных схем: 1 – разность вертикальных оседаний между точками фундамента дома № 21; 2 – разность вертикальных оседаний между точками фундамента дома № 29; 3 – величина горизонтального смещения верхней точки котлована

$$U = 0,55L_3^2 - 2,8L_3 + 9,8; \quad (1)$$

– от модуля Юнга пород, являющихся основанием грунтоцементной колонны E :

$$U = 0,25E^2 - 2,05E + 8,0. \quad (2)$$

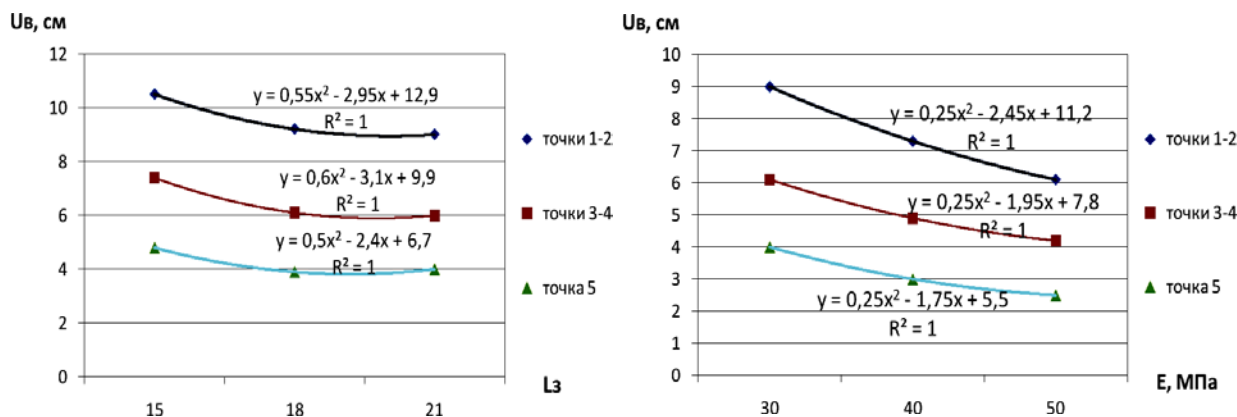


Рис. 8. Зависимости величины смещений породного массива от: а - глубины заложения грунтоцементной колонны; б - прочности породного массива

Выводы. В результате выполненных исследований установлено, что величина дополнительных осадок оснований существующих зданий при строительстве многофункционального комплекса превышает допустимые значения для рассматриваемого класса зданий при глубине котлована свыше 6 м. В качестве защитного мероприятия могут быть приняты грунтоцементные сваи длиной 21 м и диаметром 1,6 м, формируемые под фундаментами зданий. Полученные результаты, могут быть использованы при проектировании параметров строительства и обосновании защитных мероприятий в условиях плотной городской застройки.

Библиографический список

1. Подземная урбанизация. Закономерный этап развития крупных городов // Режим доступа: www.stroygorhoz.
2. Лернер В.Г. Систематизация и совершенствование технологий строительства подземных объектов / В.Г. Лернер, Е.В. Петренко. – М.: ТИМР, 1999. – 188 с.

УДК 622.235.535

Жукова Н.И., инженер (ИЕЕ НТУУ «КПИ»)

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ГОРНОЙ СЕЙСМИКЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СКАЛЬНЫХ ПОРОД С ПРИРОДНЫМИ И ИСКУССТВЕННЫМИ ПОЛОСТЯМИ

Актуальность совершенствования исследований по горной сейсмике
Актуальність вдосконалення досліджень з гірничої сейсміки
Actuality of research on mountain seismic improvement

Развитие научно-технического прогресса в области горной сейсмике неразрывно связано с разработкой и внедрением новых технологий взрывных работ на горнодобывающих предприятиях. Решение этой проблемы должно одновременно гарантировать достижение требуемого качества получаемой продукции, снижение ее стоимости, максимальной производительности горного оборудования, ресурсосбережение, повышение технологической и экологической безопасности и в целом технико-экономических показателей работы предприятия. Это отдельное направление в общем комплексе технологий разработки месторождений полезных ископаемых является составной частью важной научно-прикладной государственной проблемы, обязательное выполнение которой определяет «Горный закон Украины» (утвержден Президентом Украины 6.10.1999 г., № 1127-VIV)[1]. На актуальность основных аспектов развития исследований в области промышленной безопасности и разработки новых средств и технологий взрывного разрушения скальных пород обращено внимание в работах [2-4].

При разработке месторождений полезных ископаемых на горных предприятиях широко применяемые промышленные взрывы могут оказывать опасные воздействия на окружающую среду, охраняемые объекты различного назначения и людей [5, 6]. К этому следует добавить, что промышленный взрыв является нормальным технологическим процессом. Однако одно из его проявлений, сотрясение горного массива, может рассматриваться как чрезвычайная ситуация, при которой нарушаются нормальные условия жизни и деятельность людей, наносится ущерб имуществу населения, народному хозяйству и окружающей природной среде [7, 8].

Необходимо отметить потребность в проведении дальнейших теоретических и экспериментальных исследований по влиянию полостей (карстов, горных выработок), расположенных в горном массиве, на характер распространения сейсмических волн и устойчивость промышленных и гражданских объектов при взрывах. Это одна из многих задач, обуславливающая необходимость установления закономерностей в регулировании сейсмического действия взрыва в условиях близко расположенных густонаселенных районов [9]. Прогнозирование степени влияния полостей в массиве горных пород на устойчивость зданий и сооружений, расположенных над ними, может

предотвратить преждевременный провал этих объектов ниже уровня дневной поверхности.

Научная основа горной сейсмологии. Необходимость углубленного изучения сейсмического действия промышленных взрывов является следствием разработки и создания в последние годы новых видов горного оборудования, типов взрывчатых веществ (ВВ), технологических схем разработки месторождений полезных ископаемых.

Основные положения сейсмологии промышленных взрывов сформировались на стыке достаточно самостоятельных дисциплин: сейсмологии, сейсморазведки, разрушения горных пород, основания сооружений. Отсюда односторонний, в каждом случае, подход в решении задач по сейсмобезопасности работ.

Обобщение материалов сейсмических наблюдений было выполнено М.А.Садовским, результаты которого легли в основу всех последующих сейсмических исследований и широко применяются вплоть до настоящего времени [10]. При этом за основу в промышленной сейсмологии принимается зависимость, предложенная М.А.Садовским, которая сводится к использованию принципов подобия для точек горного массива, удаленных от взрыва на какое-либо расстояние, скорость смещения частиц среды на фронте волн напряжения пропорциональна массе заряда ВВ и обратно пропорциональна расстоянию. Последующие работы в этой области направлены на анализ отдельных частей общей закономерности проявления сейсмического действия взрывов и, в ряде случаев, с учетом факторов, влияющих на данный процесс.

Используя зависимости М.А.Садовского, можно определить скорость колебаний среды только для средней и дальней сейсмических зон. В то же время, как показывают результаты исследований, сейсмический эффект взрыва зависит в большей степени от закономерностей поглощения и распространения взрывных волн в упругопластической (ближней) зоне. При этом формирование волн прямо зависит от распределения энергии взрыва на дробление пород, перемещение горной массы, сейсмический эффект и образование ударно-воздушных волн. Одновременно было замечено, что и период колебаний также зависит от условий взрывания.

Необходимо также отметить, что разделение на типы сейсмических волн зачастую осуществляется произвольно, только на основании «визуального» рассмотрения амплитуды и периода колебаний в данной фазе волны (на определенном участке записи сейсмического сигнала). Однако детальный анализ движения поверхности в точке записи сигнала показывает, что в большинстве случаев траектория движения (смещения) не соответствует выделяемому («декларируемому») типу волны. Особенно это относится к колебаниям в «главной» фазе, которая в большинстве случаев идентифицируется как поверхностная волна. Основной причиной, приводящей к подобной ошибке, является то, что анализируется запись, как правило, скорости смещения (основной «вид» аппаратурной записи сейсмических колебаний), а не само смещение частиц.

Немаловажной особенностью является подход к анализу механизма распространения сейсмических волн (прохождение, преломление, отражение и соотношение амплитуд колебаний на границе раздела сред), который выполняется, в основном, по частным (по нормали) соотношениям, без учета углов подхода волн к границам раздела слоев (уравнения Кнотта и Цёппритца для распределения энергии на границах раздела). При этом отсутствуют обобщающие данные по поглощению (затуханию) сейсмических колебаний с учетом их спектрального состава (в зависимости от частоты), пригодных для практического применения.

Изложенные выше данные относятся к общим положениям распространения сейсмических волн и учету их при решении задач по устойчивости охраняемых объектов. Применительно к регулированию сейсмоэффекта в процессе разработки

скальных массивов с полостями решение вопросов по снижению вредного воздействия взрывных работ на объекты усложняется. Можно отметить работу [10], в которой решена частная задача по обоснованию сейсмостойкости массива пород и объекта, расположенного над полостью, с учетом сезонности взрывных работ в карьерах. Однако обоснование ряда задач в этой области в современных условиях открытых горных работ требует дальнейшего развития.

Основными научными направлениями в области сейсmobезопасности взрывных работ при разработке массивов скальных пород с полостями являются следующие:

- обоснование взаимосвязи параметров процесса бурения скважин с возможным влиянием на характер изменения критериев оценки сейсмозрывных волн в условиях открытых горных работ;
- разработка технологий бурения скважин в горном массиве на пути расположения полостей с учетом различных конструкций зарядов из различных типов ВВ;
- исследование влияния удлиненных цилиндрических зарядов новых типов ВВ и средств инициирования на сейсмозффект взрыва;
- исследование закономерностей распространения сейсмозрывных волн и их влияния при смещенном расположении объектов на дневной поверхности от центра полости в горном массиве;
- изучение свойств и строения мягких грунтов и скальных пород в основаниях охраняемых объектов;
- обоснование закономерностей по влиянию конструкций зданий и сооружений на сейсмозффект взрыва в горном массиве с полостями;
- разработка методики сейсmobезопасных параметров взрывных работ в горном массиве с полостями.

В заключение следует отметить необходимость приведения в соответствие действующих нормативных документов относительно критериев оценки сейсмозффекта взрыва. Так, например, при проектировании сооружений в строительстве за критерий сохранности объектов принимается ускорение смещения, предельное значение которого составляет 4g. В то же время в документах, регламентирующих безопасное ведение взрывных работ на предприятиях горнодобывающей промышленности, за основу сейсмической опасности принимается допустимая величина скорости смещения. При этом в неявном виде соотношение скорости и ускорения в нормативных документах проявляется в применении понятий «бальности» сейсмических явлений и спектрального состава волновых пакетов.

Библиографический список

1. Гірничий закон України: затв. Президентом України 6.10.1999 р., № 1127-VIV // газета «Орієнтир» від 1 грудня 1999 року № 225. – 1999. – 8 с. – (Законодавчий акт).
2. Решение международной конференции [«Промышленная безопасность и эффективность новых технологий в горном деле»], (М., 23-25 мая 2000г.): сб. материалов (доклады, статьи, решения). – М.: Моск. гос.горн. ун-т, 2001. – 634 с.
3. Вовк А.А. Проблемы развития взрывного дела в Украине /А.А. Вовк // Проблемы гидрогеомеханики в горном деле и строительстве. - К.: Знання. - 1996. - Ч.2.- С. 3-9.
4. Колосов В.А. Состояние и перспективы развития горнодобывающей промышленности Украины / В.А. Колосов // Разраб. рудн. местор-й. - 2004. - №85. - С. 37-41.

5. Оценка поражающих факторов при крупномасштабных взрывах / В.В. Адушкин, Л.М. Перник, В.Н. Костюченко [и др.] // Горн. журнал.-2000.-№4.-С. 54.
6. Эткин М.Б. Системный подход к обеспечению безопасности взрывных работ при их проектировании / М.Б. Эткин, А.Е. Азаркович // Горн. журнал.-2002.-№9.-С. 65-72.
7. Борисов Е.К. Безопасность зданий, расположенных в зоне сейсмического действия промышленных взрывов: дис. ...доктора техн. наук: 05.26.02/ Борисов Евгений Константинович.- Владивосток, 2002.-201 с.
8. Взрывные явления. Оценка и последствия: В 2-х кн. Кн.1. Пер. с англ. / [Бейкер У., Кокс П., Уэстайн П. и др.]; под. ред. Я.Б. Зельдовича, Б.Е. Гольфинда. - М., Мир, 1986.-319 с.
9. Исследование сейсмостойкости охраняемых объектов при взрывах на карьерах / В.Д. Воробьев, Л.И. Демещук, В.Н. Кобасов [и др.] // Вістник нац.-го техн.ун-та України «КПІ». Серія «Гірництво»: Зб.наук.праць.-2007.-Вип.15.-С.30-36.
10. Взрывное дело: Сборник №85/42. Сейсмика промышленных взрывов / Научно-техническая горное общество. Под ред. В.Н. Мосенца, Н.Ф.Богацкого. - М.,Недра,1983.-256 с.
11. Пасічник А.М. Обґрунтування сейсмостійкості масиву порід з порожнинами з врахуванням сезонності підривних робіт в кар'єрах: автореф. дис. на здобуття наук.ступеня канд. техн. наук: спец. 05.15.09 «Геотехнічна і гірнична механіка» / А.М. Пасічник. - Київ,2014.-20 с.

УДК 622.2

О.А. Зубченко, ст. викл., В.І. Шамрай, аспір., Коробійчук В.В., к.т.н., доц. Житомирський державний технологічний університет

ВПЛИВ ЧАСУ РУЙНУВАННЯ НЕГАБАРИТІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ГІДРОМОЛОТА DAEWOO DOOSAN DXB 90 НА САБАРИВСЬКОМУ РОДОВИЩІ ГРАНІТІВ

Існує багато методів дроблення негабаритів. Деякі з підприємств застосовують вибухові способи, інші – механічні. Кожен із способів має низку переваг та недоліків, але головну роль відіграє продуктивність процесу дроблення. Дослідження основних факторів, що впливають на продуктивність робочого обладнання та гірничотехнічних умов розробки корисних копалин дозволить збільшити продуктивність процесу руйнування. Останнім часом широкого поширення набув спосіб руйнування негабаритів за допомогою гідромолотів, що обумовлює безпечність та продуктивність ведення видобувних робіт. Нині дана технологія руйнування негабариту маловивчена, саме тому автори в публікації здійснюють аналіз технологічних робіт з руйнування негабаритів гідромолотом з метою збільшення продуктивності робочого обладнання.

Незважаючи на підвищення ефективності вибухової відбійки скельних і напівскельних гірських порід, обсяги гірських порід, що підлягають вторинному дробленню, залишаються великими у зв'язку із зростанням видобутку корисних копалин. Так, на щебневих кар'єрах середній вихід негабаритів розміром 1,2 м і більше (негабарит по прийому на дробарки крупного дроблення) складає більше 2 %; на Сабарівському родовищі граніту - до 30 %.

При руйнуванні негабаритів, одним із важливих чинників, що впливає на ефективність руйнування негабаритів є його форма, яка визначається за відносним

співвідношенням розмірів, у якому ширина шматка (середній розмір) прийнята за одиницю.

Відповідно до класифікації Л. І. Барона прийняті наступні форми негабаритів:

- кубічна ($c = 1 \dots 0,7$);
- стовпчаста ($a > 1,3$; $c = 1 \dots 0,7$);
- плитчаста ($a = 1 \dots 1,3$; $c = 0,7 \dots 0,3$);
- подовжено-плитчаста ($c = 0,7 \dots 0,3$);
- пластинчаста ($c \leq 0,3$);
- подовжено-пластинчаста ($c < 0,3$),

де a і c – відповідно відносні довжина і товщина негабариту.

Об'єм негабариту визначався при обмірюванні в трьох взаємно перпендикулярних напрямках. При вимірах установлюються середні розміри негабариту (усереднення здійснюється приблизно).

При дослідженні руйнування негабаритів на Сабарівському родовищі гранітів найбільш поширена плитчаста форма негабаритів, тому в даній роботі розглядаються негабарити такої форми.

Також досліджувані негабарити умовно поділені за об'ємом на 3 групи:

- 1 група – до 0,75 куб. м;
- 2 група – від 0,75 до 1,5 куб. м;
- 3 група – більше 1,5 куб. м.

Для визначення ефективності процесу ударного руйнування були проведені експериментальні дослідження, завданням якого була оцінка ступеню руйнування негабариту, яка полягає у визначенні продуктивності руйнування негабариту в залежності від часу.

При дослідженні руйнування негабаритів, в залежності від стадії дроблення при якій негабарит є повністю зруйнований на кондиційні шматки, була сформована діаграма, на якій показана відносна кількість досліджуваних негабаритів, що руйнується на певній стадії в залежності від групи за об'ємом (рис. 1).

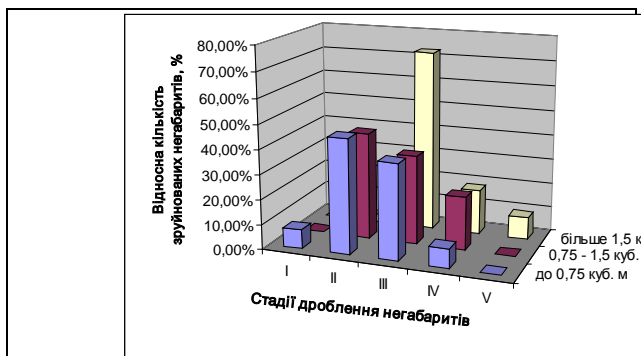


Рис. 1. Діаграма відносної кількості зруйнованих негабаритів в залежності від кінцевої стадії його повного дроблення

Руйнування негабариту на кондиційні шматки може відбутися в одну або декілька стадій. Кількість стадій руйнування негабариту залежить від багатьох факторів, основними з яких є розміри та форма негабаритів, крок відбивання негабариту. Під стадією руйнування негабариту слід розуміти процес дроблення негабариту на кондиційні шматки, де об'єм негабариту при першій стадії – це негабарит, з початковим об'ємом який утворився з масиву при первинному руйнуванні гірської породи; кондиційний об'єм – це об'єм кондиційних шматків, що утворився при руйнуванні первинного негабариту. Негабарити, що підлягають другій стадії дроблення – це такі, що утворились при першій стадії руйнування гідромолотом. Відповідно, кондиційні шматки – це результат 2 стадії дроблення. Подальші характеристики стадій дроблення визначаються таким ж чином.

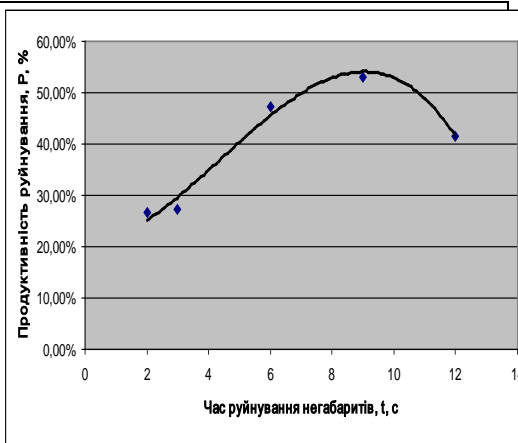


Рис. 2. Графік залежності продуктивності руйнування негабаритів об'ємом до 0,75 куб. м від часу їх руйнування

Виходячи з діаграми, що показана на рис. 1 були досліджені негабарити об'ємом до 0,75 куб. м при їх руйнуванні на другій та третій стадії. Як видно з графіку, зростання продуктивності руйнування відбувається до 9 секунди дроблення на кондиційні шматки. Після 9 секунди руйнування відбувається спад продуктивності дроблення.

Для групи негабаритів з об'ємом до 0,75 куб. м характерний середній час руйнування близько 10 секунд.

Для Сабарівського родовища графік залежності продуктивності руйнування негабаритів від часу $P(t)$ (рис. 2) описується наступною формулою:

$$P = -0,0009t^3 + 0,0114t^2 + 0,0043t + 0,2041, (\%) \quad (1)$$

де P – це продуктивність руйнування негабаритів, %;
 t – час руйнування негабаритів, с.

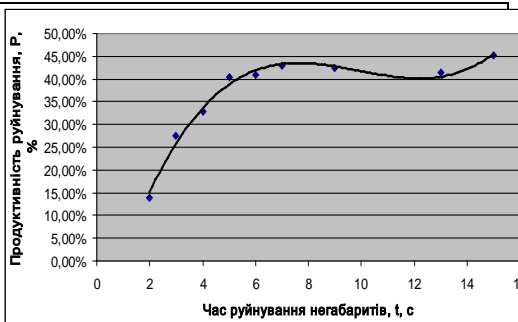


Рис. 3. Графік залежності продуктивності руйнування негабаритів об'ємом від 0,75 до 1,5 куб. м від часу їх руйнування

Негабарити другої групи за об'ємом (0,75 – 1,5 куб. м) переважно руйнуються на другій, третій та четвертій стадії. З графіку видно, що продуктивність руйнування зростає протягом 7 секунд, і, надалі плавно коливається з 7 по 15 секунд руйнування в межах 5 % продуктивності дроблення негабаритів. Середній час руйнування негабаритів групи за об'ємом від 0,75 до 1,5 куб. м складає 15 секунд.

Графік залежності продуктивності руйнування негабаритів від часу $P(t)$ (рис. 3) описується формулою (2).

$$P = 0,0007t^3 - 0,0214t^2 + 0,2005t - 0,1706, (\%) \quad (2)$$

де P – це продуктивність руйнування негабаритів, %;
 t – час руйнування негабаритів, с.

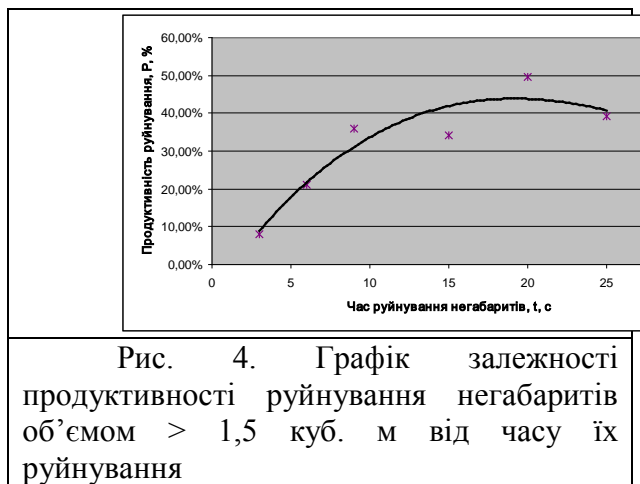


Рис. 4. Графік залежності продуктивності руйнування негабаритів об'ємом > 1,5 куб. м від часу їх руйнування

Досліджувана третя група негабаритів за об'ємом (> 1,5 куб. м) руйнується на третій, четвертій та п'ятій стадіях. Це пояснюється великими розмірами негабаритів цієї групи. Продуктивність руйнування негабаритів даної групи зростає до 20 секунд і повільно спадає з 20 по 25 секунди.

Тривалість руйнування негабаритів більших за 1,5 куб. м в середньому відбувається за 25 секунд.

Графік залежності продуктивності руйнування негабаритів від часу P(t) (рис. 4) описується формулою (3).

$$P = 2E - 0,5t^3 - 0,0021t^2 + 0,0605t - 0,0743, (\%) \quad (3)$$

де P – це продуктивність руйнування негабаритів, %;

t – час руйнування негабаритів, с.

Висновки:

Процес руйнування негабаритів був поділений на стадії. При дослідженні руйнування негабаритів кількість стадій дроблення не перевищувала п'яти;

Продуктивність гідромолоту DAEWOO DOOSAN DXB90 на базі екскаватора DAEWOO DOOSAN SOLAR 255LC-V від часу при руйнуванні негабаритів плитчастої форми різних об'ємів має кубічну залежність;

Для першої та другої груп негабаритів за об'ємом орієнтовний час максимальної продуктивності лежить від 5 до 12 секунд. А для третьої групи від 13 до 25 секунд, що визначаються з графіків від межі продуктивності дроблення $\geq 40\%$.

УДК 622.235

Я.С. Коляда, студ., Т.В. Гребенюк, к.т.н., ас. (НТУУ «КПІ»)

ЗАХИСТ ПРАЦЮЮЧИХ ВІД ШКІДЛИВИХ ТА НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ПРИ ВИДОБУВАННІ ТА ОБРОБЦІ БЛОЧНОГО КАМЕНЮ

Сделан анализ существующих методов и средств по добыче блочного камня и методы защиты работающих на карьере от вредных и опасных факторов, с которыми они сталкиваются при работе. Обоснованы основные требования к средствам индивидуальной защиты. Полученные результаты дают возможность повысить меры безопасности работающих при добыче и обработке блочного камня

The analysis of existing methods and tools for the blockstone extracting and methods of protecting workers at the quarry from harmful and dangerous factors that they faced at the work was done. Reasonable basic requirements for personal protective equipment were proved. The results obtained make it possible to increase the security measures for employees in mining and processing of the blockstone.

Вступ. При видобуванні блочного каменю одним із технологічних процесів є буріння шпурів у гірській породі. Для буріння шпурів і свердловин у гірських породах використовують бурові установки. Цей виробничий процес пов'язаний з дією

промислового пилу на працівників. Під його впливом виникає таке тяжке професійне захворювання, як силікоз (при незначних концентраціях — через 6—10 років, а при великих дозах — через 2—3 роки). Це захворювання найбільше проявляється серед працівників гірничої промисловості таких професій, як бурильники та підрильники.

Аналіз літературних джерел. Існує багато методів та засобів для видобування блочного каменю. Основними з них є вибухові та невибухові методи видобування блочного каменю.

При видобутку блочного каменю широко застосовуються бурові верстати для поверхневого буріння. Головне завдання, яке доводиться вирішувати при видобутку блочного каменю - зберегти цілісність матеріалу, виключити можливість утворення мікротріщин та при цьому забезпечити захист працюючих від можливих негативних наслідків для життя та здоров'я.

Основна мета виробничого процесу видобутку каменю – це добування комерційних блоків. Видобування блочного каменю на кар'єрах є відокремлення каменю від масиву та виїмка їх із масиву. При обробці монолітів на товарні блоки і пасировці останніх, утворюються відходи, які підлягають направленню у відвал [3].

Найбільш важким та дорогим процесами є підготовка каменю до виїмки та розділення його на товарні блоки. Застосовуються такі способи відокремлення блочного каменю:

- 1) розкол каменя гідромолотом;
- 2) вирізка блоків спеціальними машинами;
- 3) канатне пиляння спеціальними типами пил та ін.

При вирізці блоків застосовуються такі типи спеціальних машин як дискові каменерізні, барові та машини з кільцевими фрезами. При канатно-абразивному пилянні відбувається відділення моноліту від масиву, які проводять при трьох чи чотирьох поверхнях оголення. При канатно-алмазному пилянні спочатку виконують нарізи, які відокремлюють камінь з боків, подошви та поперечної грані виготовлення [1].

Сучасними технологіями підвищеної небезпеки є технології використання гідравлічних клинів та розпилювання граніту канатними пилами. У разі застосування електроприводу для такого обладнання має місце небезпека ураження людини електричним струмом, що обумовлено наявністю в умовах кар'єру таких чинників, як підвищена вологість та температура.

До особливо небезпечних віднесені, насамперед, технології, які передбачають використання вибухових речовин. Ці технології вимагають обов'язкову евакуацію робітників із зоною під час проведення вибухових робіт. Значну небезпеку являють собою відмовні заряди вибухових речовин. Непередбачений вибух відмовного заряду може привести до тяжких наслідків.

Одним із методів є використання невибухової руйнуючої суміші, яка призначена для ошадного руйнування гірських порід, бетону, залізобетону, цегельної кладки від -5°C до +35°C. Використання суміші дозволить створити високий статичний тиск у шпурах, достатній для руйнування гірських порід.

Слід ще зазначити, що невибухові руйнуючі суміші (НРС) являють собою небезпечні сполуки для шкіри, дихальних шляхів та очей. Тому роботи з ними слід виконувати в респіраторних захисних окулярах та рукавицях.

При роботі з каменерізними машинами не допускаються: застосування цих машин, які не обладнані запобіжними пристроями для захисту людей від можливого викиду осколків каменю різальним органом машини; робота з несправними пиловловлюючими або пилопригнічуючими пристроями; знаходитися людям попереду працюючої каменерізної машини по напрямку її руху на відстані менше 10 м.

Метою роботи є аналіз методів захисту робітників від впливу шкідливих та небезпечних факторів при видобуванні та обробці блочного каменю.

Матеріали та результати досліджень. Проаналізувавши існуючі способи видобутку та обробки блочного каменю встановлено, що атмосфера кар'єрів забруднюється пилом.

Дисперсність пилу, що утворюється при роботі кар'єрного обладнання, висока; більше 90% пилинок мають розміри менше 5 мкм і лише 2,5% - понад 10 мкм. Основна маса виявленої в атмосфері кар'єрів пилу є "старою", тобто відокремленої від масиву або при вибухах. Повітря робочої зони повинно містити 20% кисню і не більше 0,5% вуглекислого газу; вміст інших шкідливих газів не повинен перевищувати встановлених санітарних норм. У табл. 1 наведені гранично допустимі концентрації газоподібних домішок в атмосфері кар'єрів.

Таблиця 1.

Гранично допустимі концентрації газоподібних домішок в атмосфері кар'єрів

Гази	Гранично допустима концентрація	
	мг / м ³	% За об'ємом
Акролеїн	0.7	0,000028
Формальдегід	0.5	0,000037
Оксиди азоту (в перерахунку на N ₂ O ₅)	5	0,0001
Окис вуглецю	20	0,0016
Сірчистий ангідрид	10	0,00035
Сірководень	10	0,00066
Вуглекислий газ	-	0,5

Шкідливий вплив пилу на організм людини залежить від її властивостей. Істотний вплив на біологічну активність пилових частинок надають хімічний склад, розчинність пилу, дисперсність, форма частинок, її твердість, електрзарядженність, структура (кристалічна, аморфна), адсорбційні властивості.

Найбільшу небезпеку становить пил при вдиханні, менше значення має вона при попаданні в шлунок. Хімічний склад пилу визначає різноманіття дії її на організм.

Пил може чинити на організм різну дію: фіброгенну, токсичну, подразнюючу, тощо.

Основними заходами у профілактиці захворювань, обумовлених напругою опорно-рухового апарату, різних органів і систем, є механізація ручних операцій, скорочення робочого дня, обмеження допустимої маси при підйомі і перенесенні, удосконалення інструментів, раціональний режим праці, правильний вибір робочого місця, проведення виробничої гімнастики та ін.

Одним із методів захисту та безпеки роботи працівників при видобуванні блочного каменю є ефективне застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), що залежить від їх правильного вибору і умов експлуатації. При їх виборі необхідно враховувати конкретні умови виробництва, вид та тривалість впливу шкідливого фактору, а також індивідуальні особливості людини. Тільки правильне застосування ЗІЗ може максимально захистити працюючого в кар'єрі. Для цього робітники повинні бути ознайомлені з асортиментом та призначенням ЗІЗ.

До засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД) належать респіратори, промислові протигазы та ізолюючі дихальні апарати, які застосовуються для захисту від шкідливих речовин, що знаходяться в оточуючому повітрі [4].

За принципом дії ЗІЗОД поділяються на фільтруючі та ізолюючі, але їх вибір залежить від наявності у повітрі вільного кисню і кількості шкідливих речовин.

Висновки. Проаналізовані існуючі методи для видобутку та обробці блочного каменю.

Дослідженні можливі джерела небезпеки для людини при використанні тих чи інших методів для видобування блочного каменю.

Обґрунтовані основні вимоги до ЗІЗ. Їх необхідно обирати з урахуванням умов праці, зважаючи на можливі додаткові ризики під час застосування, які обумовлені впливом факторів виробничого середовища, що змінюються.

Допуск робітників на робочі місця після виробництва масових вибухів дозволяється після отримання відповідальним керівником вибуху повідомлення від спеціалізованого професійного аварійно-рятувального формування про зниження концентрації отруйних продуктів вибуху в повітрі до встановлених санітарних норм.

Встановлено, що найголовніші фактори шкідливого впливу на здоров'я робітників при видобуванні та обробці блочного каменю є пил.

Отже, основними заходами по збереженню здоров'я та життя працюючих повинні бути:

- правильний вибір ЗІЗ;
- врахування окремих умов виробництва;
- врахування виду та тривалість впливу шкідливого фактору;
- правильний вибір робочого місця;
- удосконалення інструментів;
- раціональний режим праці;
- проведення виробничої гімнастики.

Бібліографічний список

1. Карасёв Ю. Г. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня/ Карасёв Ю.Г, Бакка Н.Т // Уч. пособие. - СПб, 1997, 428 с.

2. Мислюк М. А. Буріння свердловин. Том перший. Загальні відомості. Бурові установки. Обладнання та інструмент / М. А. Мислюк, І. Й. Рибчич, Р. С. Яреймічук. // К.: Інтерпрес ЛТД – 2002. 364 с.

3. Добровольська М. В., Аналіз факторів, що впливають на ефективність технологічного процесу видобування облицювального каменю з використанням бурових робіт / Добровольська М. В., Котенко В. В. // Житомир: Ред.-видав. відділ Житомирського державного технічного університету. – 2011, 41 с.

4. Інтернет – ресурс <http://buklib.net/>

УДК 622.7

Кузнецов П.А., студент, ДонНТУ, Україна, Масло С.В. ас., ДонНТУ, Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ОБПАЛЕНОГО МЕТАЛУРГІЙНОГО ДОЛОМІТУ

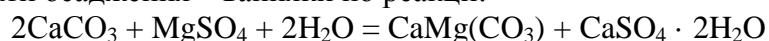
У роботі приведений аналітичний огляд способів виробництва доломіту. Зроблено розрахунок складу шихти та матеріального балансу виробничого процесу. Вирахувано оптимальний склад суміші для її виробництва..

This article gives an overview of the analytical methods of metallurgical dolomite production. The main purpose was to calculate the optimal substances balance in the mix and to show the best graphical dependence.

Вступ. ВАТ «Докучаєвський флюсодоломітний комбінат» є основним виробником і єдиним в Україні підприємством по обпаленню металургійних порошків для конвекторних вогнетривів. На підприємстві розроблена й успішно реалізується програма розвитку виробництва, яка передбачає відновлення і реконструкцію виробничих фондів, впровадження нових технологій видобутку й збагачення сировини, виготовлення вибухових речовин, зменшення енергоспоживання, підвищення рентабельності виробництва [1].

Аналіз літературних джерел. Доломіт являє собою кристалічну породу, що полягає з мінералу тієї ж назви. Мінерал доломіт є подвійною вуглекислою сіллю кальцію магнію $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. У доломіті теоретичної сполуки втримується 30,4 % CaO , 21,9 % MgO і 47,7 % CO_2 . Практична сполука його відхиляється від наведених величин через наявність у ньому домішок, головним чином у вигляді SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 і Mn_2O_4 .

Утвір доломіту зв'язують із впливом розчинених у морській воді магнезійних солей на продукти осадження – вапняки по реакції:



Він може також виходити шляхом заміщення CaCO_3 вапняків на MgCO_3 або при вилуговуванні CaCO_3 з вапняків, бідних MgCO_3 , що приводить до збагачення породи карбонатом магнію [2].

Доломіт використовується в скляній промисловості, у хімічній, будівельній, у сільському господарстві як добрива, у медицині та ін. Технологічна схема металургійного обпаленого доломіту представлена на рисунку 1.



Рисунок 1 – Технологічна схема виробництва доломіту

Для розрахунку теплового балансу виробництва обпаленого металургійного доломіту розглянемо процеси, що впливають на технологію виробництва. У процесі випалу в доломіті протікають складні фізико - хімічні процеси. В інтервалі 450 - 1100 °C доломіт декарбонізується. При 1000 °C починаються реакції утворення алюмінатів, феритів і алюмоферитів кальцію і силікатів кальцію, які протікають з великою швидкістю і в інтервалі 1300 - 1400 °C (тобто вже в присутності розплаву) завершуються утворенням $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ або $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ і $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$. При температурі > 1400 °C $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ переходить в $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$. Реакція між $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ і CaO набуває велику швидкість лише при > 1600 °C. Присутність розплаву помітно прискорює її хід.

Кількість $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ і $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ або $2\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ знаходиться в залежності від співвідношення домішок Al_2O_3 і Fe_2O_3 [3].

Оскільки обпалений доломіт піддається при його зберіганні і транспортуванні гідратації із - за водяної пари повітря, то отримання добре спеченого доломіту є особливою турботою технологів. Чим чистіше доломіт, тим важче він спікається. Відомі різні методи отримання щільно спеченого продукту з чистої сировини.

Ціль роботи. Метою розрахунку на ПК є визначення витрати теплоти на хімічну реакцію доломіту, при цьому для знаходження його оптимального значення треба змінювати масову долю таких компонентів доломіту як CaO , MgO , Al_2O_3 .

Матеріали та результати досліджень. За допомогою математичної програми Mathcad був зроблений розрахунок теплового балансу рівняння витрати та приходу палива. Величиною, що оптимізується є витрата палива на хімічну реакцію, яку ми змінюємо, варіюючи масовий склад компонентів CaO, MgO та Al₂O₃.

За результатами розрахунків програми при змінюванні величини витрати тепла на хімічну реакцію, варіюючи складом сировини (CaO, MgO, Al₂O₃) ми отримуємо наступні графічні результати: графік залежності витрати тепла на хімічну реакцію від масового складу компоненту mCaO % мас. (рис. 2), графік залежності витрати тепла на хімічну реакцію від масового складу компоненту mMgO % мас. (рис. 3), графік залежності витрати тепла на хімічну реакцію від масового складу компоненту mAl₂O₃ % мас. (рис. 4). Графіки отримані інтеграцією даних з пакету Mathcad до пакету Excel.

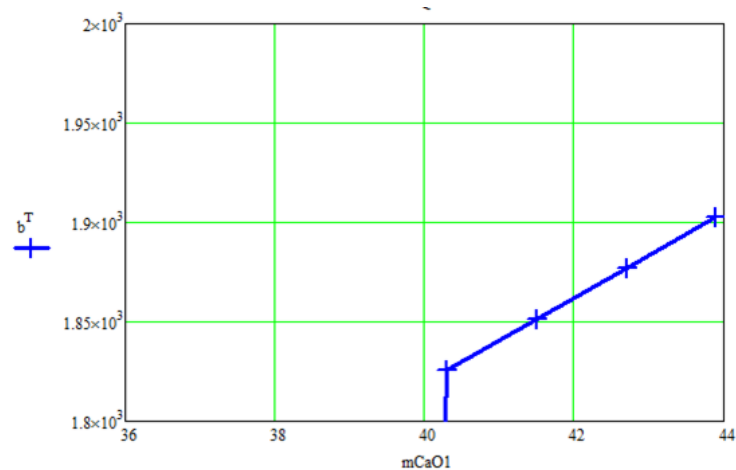


Рисунок 2 – Залежність хімічної реакції від масового складу CaO

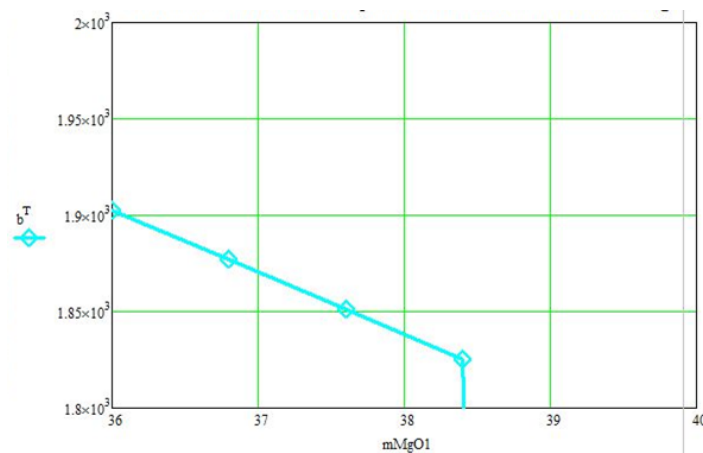


Рисунок 3 – Залежність хімічної реакції від масового складу MgO

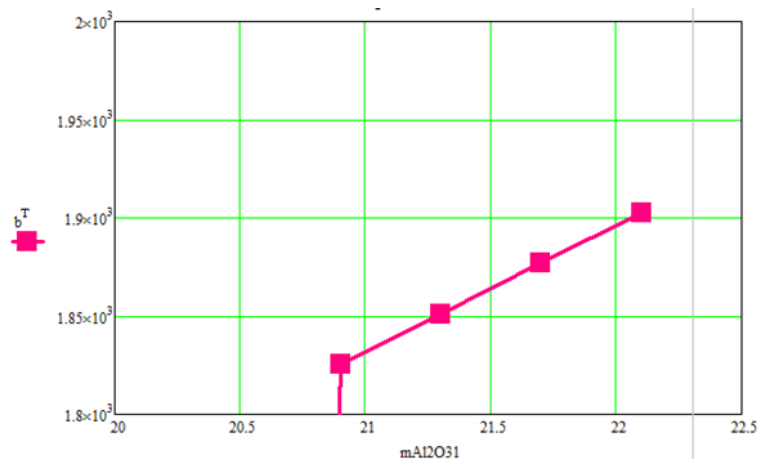


Рисунок 4 – Залежність хімічної реакції від масового складу Al₂O₃

Аналізуючи отриманні результати розрахунку виробництва обпаленого металургійного доломіту, за отриманим графіком, згідно рисунку 2, можна зробити висновок, що з ростом масової частки CaO зростають і витрати тепла на хімічну реакцію. За технологічним регламентом цеху виробництва доломіту оптимальним значенням буде вважатись 40, так як ми намагаємося досягти максимального значення масової частки.

Аналізуючи отриманні результати розрахунку виробництва обпаленого металургійного доломіту, згідно рисунку 3, можна відмітити, що з ростом масової частки MgO, зменшуються витрати тепла на хімічну реакцію. За технологічним регламентом цеху виробництва доломіту оптимальним значенням буде вважатись 40, так як ми тягнемось до максимального значення.

Аналізуючи отриманні результати розрахунку виробництва обпаленого металургійного доломіту, згідно рисунку 4, можна відмітити, що з ростом масової частки Al₂O₃, зростають і витрати тепла на хімічну реакцію. За технологічним регламентом цеху виробництва доломіту оптимальним значенням буде вважатись 22, так як ми тягнемось до максимального значення.

Висновки. Аналізуючи в роботі вище приведений матеріал, за допомогою програмування в Mathcad був розрахований тепловий баланс виробництва обпаленого металургійного доломіту.

Встановлено, що метою оптимізації складання теплового балансу у даній роботі являється рівність приходу і витрати тепла. Величиною, що оптимізується є витрата тепла на хімічну реакцію, яку ми змінюємо, варіюючи масовими складами компонентів, таких як CaO, MgO, Al₂O₃ (% мас.).

Аналізуючи графічні дані можна зробити висновок, що з ростом масової частки CaO та Al₂O₃ зростають і витрати тепла на хімічну реакцію. Отже, доцільним буде при збагаченні збільшувати масову частку MgO.

Бібліографічний список

1. ЧАО «ДФДК». [Електронний ресурс] / Докучаевск. – Сайт ДФДК. – Режим доступу: <http://www.dfdk.com.ua/>
2. Гавриш Д.И. Огнеупорное производство / Д.И. Гавриш. – М: «Металлургия», 1965. – 364 с.
3. Пащенко А.А. и др. Магнезиальные вяжущие / А.А. Пащенко. – Киев, 1975. – 268 с.

Ганеев Сергей Николаевич, доцент кафедры СГГМ, Логунов Даниил Михайлович научный сотрудник кафедры СГГМ, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК ЛАВ ПЛАСТА L6 ШАХТЫ ИМ. Д.Ф. МЕЛЬНИКОВА ГП «АНТРАЦИТ»

В статье изложены результаты натурного обследования выработок пласта L6 шахты им. Д.Ф. Мельникова ГП «Антрацит», проведенных с целью изучения факторов, влияющих на их устойчивость в процессе эксплуатации.

The article presents the results of field surveys workings formation L6 mine D.F. Melnikov GP "Anthracite" conducted to examine the factors affecting their stability during operation.

Введение. Основное энергетическое сырье в недрах Украины – это уголь, что делает его надежным гарантом энергетической независимости страны на отдаленную перспективу. Его доля в общем топливно-энергетическом балансе страны составляет почти 25 %. Таким образом, угольная промышленность является одной из ведущих отраслей Украины. Увеличение объемов добычи конкурентоспособного угля является важной задачей в экономике государства. Одним из путей достижения этого является снижение его себестоимости. В структуре себестоимости угля затраты на поддержание капитальных и подготовительных выработок составляют 15–25 %.

Обеспечение устойчивости подготовительных выработок на всех этапах их существования представляет достаточно сложную в технологическом и научном плане задачу. Сложность предопределяется тем, что, во-первых, выработки проводятся в сложных горно-геологических условиях. Во-вторых, помимо сил горного давления, действующих после проведения, они, впоследствии, будут испытывать воздействие опорного давления от движущейся лавы.

Все это, в свою очередь, выдвигает ряд приоритетных требований к вопросам устойчивости подготовительных выработок и к оценке факторов, воздействующих на них в процессе эксплуатации.

Анализ литературных источников. Для объективной оценки всего комплекса факторов, влияющих на устойчивость подготовительных выработок, следует изучить объект исследований в натуральных условиях. Для этого предварительно, собирают геологические, гидрогеологические и горнотехнические характеристики того участка породного массива, в котором будет сооружаться выработка. Кроме того, при необходимости, могут производить отбор проб литологических разностей, изготовление породных образцов и их испытание в условиях сертифицированных лабораторий, кроме того, анализируется опыт эксплуатации подобных объектов в сходных горно-геологических условиях.

Инструментальные методы изучения состояния горных пород и массивов, проявления горного давления в процессе добычи полезных ископаемых имеют ведущее значение в комплексе научных исследований [1].

Одним из самых современных методов контроля, диагностики и прогноза с учетом принимаемых на стадии строительства и эксплуатации средств и способов управления горным давлением является применение систем геомониторинга. Однако, такие системы являются достаточно сложными и дорогостоящими, что затрудняет их

использование на простых объектах, таких как отдельно проводимая выработка. Эти системы имеет смысл использовать в комплексных решениях управления горными объектами в масштабах целого шахтного поля или комплекса выработок горного предприятия в целом [2].

Чуть более упрощенным вариантом научных методов исследования состояния горных выработок являются инструментальные наблюдения, которые в свою очередь подразумевают измерения в натуральных условиях деформаций и напряжений на поверхности горных выработок, в глубине массива, измерение перемещений в окрестности подземной выработки.

В свою очередь, измерение деформаций и напряжений на ограничивающих поверхностях горных выработок делится на метод полной разгрузки (полное снятие напряжений на определенном участке поверхности массива), метод частичной разгрузки (измерение деформаций в окрестности скважины) и метод компенсационной разгрузки (частная разновидность предыдущего метода) [1].

Изучение напряженно-деформируемого состояния в глубине породного массива в окрестности выработки обычно проводят, пользуясь методом разгрузки керна в скважине.

Основным же наиболее доступным средством изучения характера деформирования породного массива в окрестности выработок является измерение перемещений контура выработки на реперных замерных станциях. В свою очередь реперы, в зависимости от задач исследований, могут быть глубинными или контурными [1].

Инструментальные исследования, хотя дешевле и проще в применении, нежели геомониторинг, но также подразумевают под собой использование дополнительных средств, инструментов и технологий, удорожающих и усложняющих использование данных способов в сравнении с методом натурального обследования выработок с экспертной оценкой [3].

Метод подразумевает под собой аккумуляцию сведений о результатах натуральных обследований выработок с последующим упорядочиванием, сравнением и критическим анализом этих данных специалистами в данной отрасли, в частности научными сотрудниками профильных институтов, научно-исследовательских лабораторий, а также ИТР и среднее руководящее звено шахт. В результате обработки систематизированных и обработанных сведений можно получить исходные данные для разработки мер по обеспечению устойчивости, поддержанию подготовительных выработок или их повторному использованию.

Подробное описание методов и средств исследования и контроля состояния горных пород и процессов приведено в [4].

Цель работы. Целью работы является оценка факторов, влияющих на устойчивость подготовительных выработок при разработке пластов на шахте им. Д.Ф. Мельникова ПАО «Лисичанскуголь», для разработки эффективных способов крепления и охраны этих выработок на основе анализа их напряженно-деформированного состояния.

Материалы и результаты исследований. Согласно данным, полученным от инженерных служб шахты им. Д.Ф. Мельникова, в геологическом строении участка горного отвода шахты принимают участие отложения среднего и верхнего отделов карбона, перекрывающиеся породами мезо-кайнозоя-триасового, верхнемелового, третичного и четвертичного периодов. Шахтой отрабатываются пласты L6, L2, k8.

На участке, намеченном к отработке, мощность пласта l6 колеблется в пределах 0,78 – 1,0 м, угол падения составляет 18° - 16° . Тектонических нарушений не ожидается. Природная газоносность пласта l6 на гор. 885 м составляет $7,9 \text{ м}^3/\text{т.с.б.м.}$

Основная кровля представлена перемеживающимися слоями сланцев, песчаников и известняков средней обрушаемости А2.

Непосредственная кровля представлена аргиллитом или алевролитом, темно-серым с включением сидерито-глинистых конкреций в виде линз или поясков, с зеркалами скольжения, сухие, средней крепости $f = 4-5$, неустойчивый, Б2(Б1). Возможно поступление воды в лаву с песчаника, залегающего в кровле пласта, ожидаемый приток воды 1-2 м³/час, увеличение притока до 3,0-3,5 м³/час ожидается при посадке основной кровли.

Непосредственная почва представлена аргиллитом, алевролитом, неустойчивым П1. Возможно поступление воды с песчаника, залегающего непосредственно в почве пласта, ожидаемый приток 1,0-1,5 м³/час. Прочность пород почвы на сжатие относительно невысокая со средними показателями от 180 до 380 кг/см². Текстура их преимущественно комковатая, нарушена остатками корневой системы («кучерявчик»). Подобная характеристика почвы пластов благоприятствует развитию явления пучения пород при производстве, как очистных работ, так и проведении подготовительных выработок.

Особенно интенсивное пучение происходит по аргиллитам, как наименее прочным породам с более резко выраженным комковатым сложением. Величина пучения составляет от 0,5 м до 0,30 м за сутки. Наиболее высокие показатели пучения имеют место на участках распространения сланцев мощностью до 0,10-1,0 м (под пластом).

Первый обследуемый участок – 12 северный вентиляционный штрек пл. Л6 гор. 820 м, который предназначен для отведения исходящей струи воздуха из очистного забоя, доставки материалов и людей в лаву. До пересечения лавой центрального вентиляционного квершлага к8-л6 гор. 820м проводится при помощи комбайна EBZ-160 (длина такого отрезка выработки – 120 м). Крепится металлической арочной крепью АП-3/9,2, шаг установки крепи – 0,8 м. Затяжка – дерево. Проложен рельсовый путь, колея 900мм.

Второй обследуемый участок – 1 северный конвейерный штрек пл. Л6 гор. 885 м, предназначенный для организации транспорта угля из лавы, подачи свежего воздуха и перемещения людей. Проводится комбайном EBZ-160 по простиранию пласта. При проведении использовалось 2 вида крепи: арочная АП3/13,8 сечением в свету $S_{св} = 12,8 \text{ м}^2$ при ширине в проходке – 5,2 м, высоте в проходке – 3,7 м, затяжка – дерево; овоидная крепь КМП-А3Р2, сечением в свету $S_{св} = 13,3 \text{ м}^2$ при ширине в проходке – 4,7 м, высоте в проходке - 3,9 м, затяжка – дерево.

В результате проведенной работы выполнен сбор и анализ горно-геологических и горнотехнических условий эксплуатации выработок, а также сбор и систематизация данных об их устойчивости с оценкой основных влияющих факторов.

В ходе общего предварительного обследования выработок, подготавливающих пласт Л6 к отработке, установлено, что в 1 сев. конв. штреке гор. 885 м горное давление проявляется уже сейчас, вне зоны влияния очистных работ, в виде пучения пород почвы, локализованного ближе к центру выработки с некоторой сдвижкой в сторону, противоположную лаве, и боковых смещения в основном со стороны целика (противоположной от столба 1 сев. лавы гор. 820 м-885 м). На участках проявлений боковых смещений замки, как правило, сработаны и имеют нахлест на величину, превышающую паспортные 400 мм. В некоторых случаях на рамах установлен один хомут вместо двух, предусмотренных паспортом.

Таким образом, анализ информации, полученной от инженерных служб шахты, и результатов визуального обследования выработок, свидетельствует о том, что условия поддержания подготовительных выработок, оконтуривающих 1 сев. лаву пласта Л6 гор.

885 м (12 сев. вент. штрек пл. L6 гор. 820 м и 1 сев. конв. штрек пл. L6 гор. 885 м), являются тяжелыми, поскольку:

- При проведении выработок имеет место пучение пород почвы, так как текстура пород в непосредственной почве преимущественно комковатая, нарушена остатками корневой системы («кучерявчик»);

- Поскольку нижняя часть непосредственной кровли, контактирующая с угольным пластом от 0,20 м до 0,60 – 0,70 м сложена аргиллитом сильно трещиноватым, перемятым в основной массе, весьма неустойчивым из-за наличия хорошо выраженных зеркал скольжения и отсутствия связи с вышележащей толщей, выше которого залегает аргиллит слоистый, трещиноватый мощностью от 0,10 м до 0,40 м, с непрочной или отсутствующей спаянностью между слоями, породные обнажения в кровлях проводимых выработок неустойчивы или слабоустойчивы;

- Как в породах основной кровли, так и в породах основной почвы имеют место водонасыщенные слои песчаников мощностью 4,50-6,70 м и до 7,0 м соответственно. При водопроявлениях из этих слоев в выработках устойчивость пород в обнажениях еще больше снижается, что приводит к образованию вывалов из кровли на высоту до 1,0 м и более и интенсификации процесса пучения почвы. Такие проявления горного давления наблюдались инженерными службами в ходе проведения как 12 сев. вент. штрека гор. 820 м, так и 1 сев. конв. штрека гор. 885 м, локализованные в основном на сопряжениях, а при проведении наклонного ходка 1 сев. лавы вывалы фиксировались на всем протяжении выработки (см. рис.1). При этом в местах вывалов на штреках (и по всему наклонному ходку) имели место водопроявления.



а)



б)

Рис.1. Место вывала в наклонном ходке 1 северной лавы: а – полость вывала в кровле; б – порода под полостью вывала.

Выводы. В результате выполнения натурального обследования и анализа объективной информации о горно-геологических и горнотехнических условиях по трассам подготовительных выработок 1 северной лавы пласта L6 горизонта 885 м шахты им. Д.Ф. Мельникова установлены факторы, существенно ухудшающие условия эксплуатации этих выработок: неустойчивые и слабоустойчивые породы кровли и почвы, склонность пород к пучению при увлажнении, которое не исключено, так как в кровле и почве залегают пласты обводненного песчаника. Водопроявления, хоть и незначительные, уже имели место в указанных выработках. Увлажнение пород кровли привело к их ослаблению и реализации ряда вывалов.

Работы планируется продолжать, для чего требуется дополнительное согласование местоположения экспериментальных участков и развёртывание в них замерных станций. Кроме того, данные мониторинга выработок полученные и проанализированные в результате проведенных мероприятий планируется использовать в дальнейшей работе для создания численных моделей. Они, в свою очередь, в процессе компьютерного моделирования позволяют оценить параметры напряженно-деформированного состояния породного массива вокруг выработок в процессе эксплуатации.

Список использованной литературы

1. Шашенко А.Н. Механика горных пород: Учебник для вузов / А.Н. Шашенко, В.П. Пустовойтенко. - К.: Новий друк, 2003. - 400 с.
2. Шашенко А.Н. Управление устойчивостью прожженных выработок глубоких шахт: Монография / А.Н. Шашенко, А.В. Солодянкин, А.В. Матровицкий - Днепропетровск: ООО «ЛизуновПрес», 2012. - 384 с.
3. Сторчак Г.Г. К вопросу о необходимости разработки методики оценки состояния протяженных выработок / Г.Г. Сторчак // Вести Донецкого горного института: всеукраинский научно-технический журнал горного профиля. - 2013. - №2(33). - С.161-169.
4. Измерение напряжений в массиве горных пород. // Материалы семинара. - Новосибирск: издательство Сиб. Отд. АН СССР, 1968. - 243 с.

УДК 622.7

Кузнецов П.А. студент, ДонНТУ, Україна, Масло С.В. ас., ДонНТУ, Україна

КОМП'ЮТЕРИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ ПІДПРИЄМСТВОМ ВАТ «ХАЙДЕЛЬБЕРГ ЦЕМЕНТ УКРАЇНА»

Метою цього дослідження є вивчення фізико-хімічних властивостей виробництва портландцементу, пошук оптимального складу суміші та прогнозування результатів за допомогою пакету Mathcad.

The main purpose of this research is the studying process of Portland cement's production physicochemical characteristics, the search of the optimal mix composition and prediction of the results with the Mathcad software help.

Вступ. Однією з проблем сучасної будівельної хімії є вивчення властивостей виробництва та зберігання цементу та його сумішей. В статті розглянута оптимізація

сумішей підприємства ВАТ "Хайдельберг Цемент Україна".

Географічне розташування ВАТ "Хайдельберг Цемент Україна" зручно для транспортування його продукції. Підприємство розташоване в селищі Новоамвросієвське Донецької області (південна частина Донецького кряжу). Віддаленість підприємства від районного центру - м. Амвросієвка - 9 км, від обласного центру - м. Донецька - 85 км. На відстані 9 км проходить залізнична магістраль «Москва - Харків - Ростов».

Здобич сировини ведеться в кар'єрах крейди і мергеля відкритим способом. Підприємство має 6 технологічних ліній з виробництва клінкеру, сумарною плановою потужністю 1988 тис.т. клінкеру в рік і 8 технологічних ліній з помолу цементу, сумарною потужністю 2100 тис.т. цементу на рік [1].

Аналіз літературних джерел. Розрахунок складу сировинної суміші виробляють для визначення кількісного вмісту компонентів шихти, що забезпечує одержання клінкеру заданого хімічного і мінералогічного складу. При цьому виходять з мінералогічного складу клінкеру, який забезпечує для даного заводу оптимізацію технологічних параметрів випалу клінкеру і задані властивості цементу [2].

Спочатку задають оптимальний мінералогічний склад клінкеру, який перераховують на хімічний склад за формулами С.Д. Окорокова, а потім склад клінкеру виражають у вигляді КН, n і p , які беруть за основу розрахунку сировинної шихти.

Технологія портландцементного клінкеру заснована на достатньо складних фізико-хімічних процесах, що протікають в гетерогенній системі. Результатом є отримання зернистого, частково спеченого матеріалу, що складається з кристалічної і скловидної фаз. Кристалічна частина представлена мінералами аліту C_3S , біліту C_2S , алюмінатною C_3A і алюмоферритною C_4AF фазами. Найбільш важливими умовами отримання таких структур є: збільшення коефіцієнта насичення (КН); правильно розрахований час знаходження напівфабрикату в високотемпературній частині печі; дотримання параметрів випалу та охолодження клінкеру [3].

Отримання портландцементного клінкеру складається з трьох технологічних етапів:

1-й - підготовка сировинної суміші;

2-й - випал та отримання клінкеру в обертовій печі;

3-й - подрібнення з одночасним змішуванням клінкеру і добавок для отримання готового продукту.

Кожен етап характеризується певними фізико-хімічними процесами, розуміння яких дозволяє правильно вибрати технологічний режим і оперативно проводити його коригування у разі зміни хімічного складу і фізичних параметрів сировинної суміші [4].

Апаратурна схема виробництва портландцементу мокрим методом приведена на рисунку 1.



Рисунок 1 – Мокрий спосіб виробництва портландцементу

Фізико-хімічні процеси, що протікають в обертових печах, характеризуються рядом важливих особливостей. У зоні екзотермічних реакцій за рахунок виділення тепла при реакціях утворення двухкальцієвого силікату, алюмінатів і алюмоферитів кальцію температура матеріалу трохи підвищується. Починають розплавлятися алюмоферити і алюмінати кальцію, утворюючи рідку фазу, до складу якої залучаються також луги, сірчаноокислі солі, невелика частина оксиду магнію та інші домішки. Кількість рідкої фази, таким чином, залежить від хіміко-мінералогічного складу випалювального матеріалу і тривалості випалення; при 1723 К вона становить 20-26%. Склад цієї евтектики: 54,8% CaO; 22,7 % Al₂O₃; 16,5 % Fe₂O₃; 6% SiO₂. Наявність в розплаві MgO знижує її температуру до 1573 К і разом з Na₂O до 1553 К.

Надлишок рідкої фази може виникнути в процесі випалу, що в свою чергу викликає утворення грудок, зварів, а іноді і кілець в печі. Тому доречним є забезпечення необхідної сировинної суміші з оптимальним співвідношенням сировини, впровадження якої допомогло б уникнути цих негараздів.

Ціль роботи. Метою розрахунку на ЕОМ є визначення найменшої кількості рідкої фази в клінкері при варіюванні величин, які складаються з кальцієвмісної сировини (вапняк, мергель та крейда). Для знаходження її оптимальних значень виконуємо три етапи, кожний з яких характеризується певним змістом карбонвмісної сировини:

1. Зменшується вміст вапняку 26,246% від до 0,246% та збільшується вміст крейди від 26,246% до 52,246%. Вміст мергелю при цьому не змінюється.
2. Зменшується вміст крейди від 26,246% до 0,246% та збільшується вміст мергелю від 26,246% до 52,246%. Вміст вапняку при цьому постійне.
3. Зменшується вміст мергелю від 26,246% до 0,246% та збільшується вміст вапняку від 26,246% до 52,246%. Вміст крейди при цьому залишається постійним.

Матеріали і результати досліджень. При розрахунку складу цементу розрізняють склад клінкеру та склад готового продукту [5].

Вміст окремих оксидів у клінкері коливається незначною мірою. Тому проектувати склад клінкеру за окремими оксидами звичайно не прийнято. Важливішими характеристиками клінкеру є співвідношення між окремими оксидами (відповідні модулі) та вміст клінкерних мінералів. Клінкер (сировинна суміш) характеризується такими кремнеземистим та глиноземистим модулями (відповідно):

$$n = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3},$$

де SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ – процентний вміст оксидів у клінкері;

$$p = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3},$$

де Al₂O₃, Fe₂O₃ – процентний вміст оксидів у клінкері;

Сировинні суміші з високим кремнеземистим модулем спікаються важче, ніж із низьким. Силікатний модуль характеризує кількість розплаву, що утворюється, а глиноземистий – в'язкість розплаву.

На основі тільки модулів ще не можна судити про мінералогічний склад клінкеру. У зв'язку з цим при розрахунках цементної шихти використовують коефіцієнт насичення (КН) кремнезему оксидом кальцію, в якому враховується, що під час випалювання клінкеру спочатку утворюються алюмінати, алюмоферити, сульфат кальцію і двокальцієвий силікат і лише потім трикальцієвий силікат.

Під час розрахунку КН для сировинної суміші використовують спрощену формулу:

$$KH = \frac{CaO - 1,65 \cdot Al_2O_3 - 0,35 \cdot Fe_2O_3}{2,8 \cdot SiO_2},$$

де $Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, SiO_2$ – процентний вміст оксидів у клінкері;
Хімічний склад сировинних компонентів приведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад матеріалів, мас. %

Матеріал	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	В.п.п.	Сума
Вапняк	0,69	1,15	0,52	54,15	0,49	0,12	42,88	100
Глина	73,79	14,98	3,65	2,71	1,75	0,29	2,83	100
ЗДС (піритні огарки)	13,94	1,44	78,40	2,10	0,22	3,10	0,80	100

Результати математичних розрахунків наведено на рис. 2 та 3.

x1 =		1						
	1	72.745						
	2	73.247						
	3	73.739						
	4	74.224						
	5	74.7						
	6	75.168						
	7	75.628						
	8	76.081						
	9	76.527						
	10	76.965						
	11	77.396						
	12	77.82						
	13	78.238						
14	78.649							
x2 =		1						
	1	72.745						
	2	75.628						
	3	78.511						
	4	81.392						
	5	84.271						
	6	87.15						
	7	90.028						
	8	92.904						
	9	95.779						
	10	98.654						
	11	101.527						
	12	104.399						
	13	107.27						
14	110.14							
x3 =		1						
	1	72.745						
	2	69.325						
	3	65.844						
	4	62.3						
	5	58.69						
	6	55.013						
	7	51.266						
	8	47.449						
	9	43.557						
	10	39.589						
	11	35.542						
	12	31.414						
	13	27.203						
14	22.904							
CAR12 =		1						
	1	26.246						
	2	26.246						
	3	26.246						
	4	26.246						
	5	26.246						
	6	26.246						
	7	26.246						
	8	26.246						
	9	26.246						
	10	26.246						
	11	26.246						
	12	26.246						
	13	26.246						
14	26.246							

Рис. 2 – Результати чисельної варіації

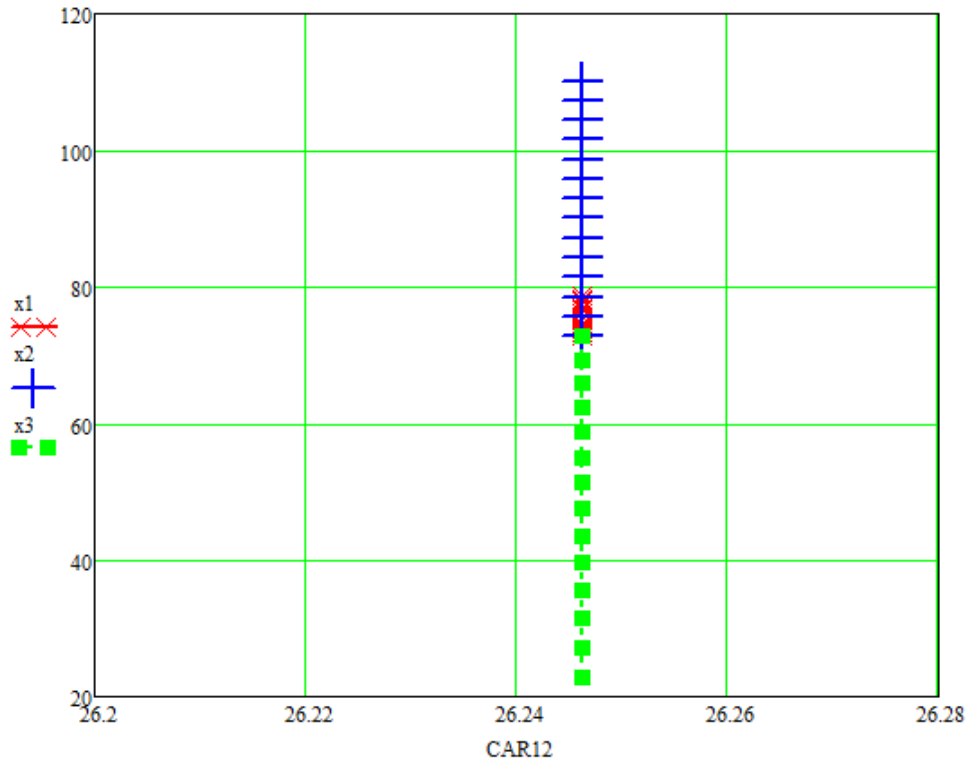


Рис. 3. Графічні залежності

Висновки. У даній роботі була знайдена найменша кількість рідкої фази, яка може утворюватися при випалюванні сировинної суміші з мергелю, крейди, вапна, огарків та глини. Експеримент проводився при зменшенні вмісту мергелю від 26,246% до 0,246% та збільшення вмісту вапняка від 26,246% до 52,246%. (вміст крейди при цьому залишається постійним).

Отримані результати показують, що при відношенні: мергель (0,246%): вапняк (52,246%): крейда (26,246%) знайдена найменша кількість рідкої фази: $L=22.904\%$. Завдяки такому значенню можливо уникнути утворення грудок, зварів, а іноді і кілець в печі. Усі математичні обчислення проводились у пакеті Mathcad.

Бібліографічний список

1. Електронний джерело/ Офіційний сайт підприємства ВАТ «Хайдельберг цемент Україна» <http://www.heidelbergcement.com/ua/ru/country/home.htm>;
2. Голованова, Л.В. Загальна технологія цементу / Л.В. Голованова. – Москва: Стройиздат, 1984. – 180с.
3. Шमितко Е.И. Химия цемента и вяжущих веществ / Е.И. Шमितко, А.В. Крылова, В.В. Шаталова. - Гос. арх.-строит. ун-т. – Воронеж, 2005.- 164 с.
4. Горшков В.С. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений / В.С. Горшков, В.Г. Савельев, Н.Ф. Федоров – М.:Высшая школа,1988.-400с.
5. Физическая химия силикатов / под ред. А.А. Пащенко – М.:Высшая школа,1986.-368с.

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ АЕРОГЕЛЮ В ГІРНИЧІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Розглянуто перспективи застосування аерогелю в гірничій промисловості. Встановлено що його властивості можуть покращити видобуток корисних копалин, шляхом вдосконалення гірничих технологій. Наведена характеристика аерогелю, його ізоляційних властивостей. Обґрунтована можливість поліпшення роботи гірничих підприємств.

Ключові слова: *гірничя промисловість, аерогель, новітній матеріал, ізоляція, видобуток корисних копалин, шахти, кар'єри, проблеми шахт пов'язані з температурою.*

Рассмотрены перспективы применения аэрогеля в горной промышленности. Установлено что его свойства могут улучшить добычу полезных ископаемых, путем совершенствования горных технологий. Приведенная характеристика аэрогеля, его изоляционных свойств. Обоснована возможность улучшения работы горных предприятий.

Ключевые слова: *горная промышленность, аэрогель, новейший материал, изоляция, добычу полезных ископаемых, шахты, карьеры, проблемы шахт связаны с температурой.*

The prospects for the use of airgel in the mining industry. Established that its properties can improve the extraction of minerals through improved mining technologies. These characteristics of the airgel, its insulating properties. The possibility of improving mining enterprises.

Keywords: *mining, aerogels, new materials, insulation, mining, mines, quarries, mines problems associated with temperature.*

Вступ. Розвиток гірничої промисловості дозволяє застосовувати новітні матеріали. Одним з таких матеріалів є аерогель, він складається на 99% з повітря та лише на 1% діоксиду кремнію. Такий склад надає аерогелю ізоляційні властивості, які можна використовувати для вирішення багатьох проблем пов'язаних забезпеченням ізоляції, як в буденному житті так і в різних галузях промисловості включаючи гірничу промисловість

Мета роботи – аналіз аерогелю та його перспективи застосування в гірничій промисловості для покращення та вдосконалення гірничих робіт.

Аналіз літературних джерел. Проведений аналіз джерел та розглянуто перспективи застосування аерогелю. Встановлено, що цей новітній матеріал володіє сильно вираженими ізоляційними властивостями, які можна застосовувати для ізоляції як від тепла так і від холоду.

Матеріали та результати дослідження.

Аерогелі — клас матеріалів, що являють собою гель, у якому рідка фаза повністю заміщена газоподібною. Такі матеріали мають рекордно низьку густину і демонструють низьку унікальних властивостей: твердість, прозорість, жароміцність тощо. Поширені аерогелі на основі аморфного діоксиду кремнію, глинозему, а також оксидів хрому та олова. На початку 1990-х отримані перші зразки аерогеля на основі вуглецю. Аерогель привабливий тим, що має дуже низьку теплопровідність і сильно поглинає інфрачервоне випромінювання [1].

Він відомий давно, але свого широкого застосування поки що не знайшов, раніше його використовували як ізоляційний матеріал для космічних кораблів. У даний час багато вчених розробляють перспективи використання аерогелю для покращення буденного життя та заради збереження навколишнього середовища. Цей новітній матеріал має безперечно багато плюсів, серед яких найцінніший це його здатність ізолювати як від тепла так і від холоду. Але є один недолік, – це його крихкість. Та і ця проблема була подолана завдяки тому, що вчені навчилися створювати новий матеріал. Для цього вологий гель покривається поліефірним волокном, це надає йому гнучкості та міцності. Ця розробка дала можливість використовувати аерогель у будівництві [2].

Доведено, що трьох міліметровий шар аерогелю, настільки ефективний, що може блокувати холод, навіть, при температурі нижче 119 °С, а восьми міліметровий – здатен ізолювати полум'я, де температура піднімається до показників вище 1600 °С.

Такі показники переносять його на сходинку вище, тепер аерогель можна розглядати не як матеріал, яким можна покривати стіни заради компенсації втрати тепла, а як матеріал з більш специфічним використанням. В даному випадку розглянуто можливість його застосування для гірничих споруд.

Відомо, яка небезпека пов'язана з видобутком різних гірських порід, корисних копалин. На шахтах знаходяться, на кожному поверсі, спеціально влаштовані камери схову для працівників, на мою думку аерогель – це незамінний матеріал для таких камер, ним можна обгорнути стіни, підлогу та стелю, для створення нормальних умов та ізоляції від високих температур при вибухах. Встановлено, що він зміг би бути використаний і для вдосконалення дуже глибоких шахт. Як відомо температура збільшується з глибиною, так на кожні 100 метрів вона піднімається на 1 °С, тому новітній матеріал міг би вирішити цю проблему. Обгорнувши ним тубінги, з яких складається шахта – дасть змогу робити шахти глибшими, адже проблема з температурою буде подолано.

Якщо розглянути це з іншого боку, то матеріал можна використовувати і навпаки, в дуже холодному кліматі. Наприклад, в Росії, а саме в Якутії, де йде процес видобутку алмазів і спостерігається суворий клімат, взимку температура може впасти до мінус 70 °С, при таких температурах спецтехніка стає справжньою проблемою. Відомо, що після тривалої зупинки, на такому морозі, подальше її використання стає проблематичним, а іноді і зовсім унеможлиблюється. Але якщо обгорнути аерогелем техніку вона зможе працювати і навіть при більш низьких температурах, як це було вже підтверджено на просторах Марса.

Висновки. Проаналізувавши, даний матеріал, аерогель, можна зробити висновок, що його використання в майбутньому дасть змогу покращити роботу гірничої промисловості. Безумовно, ізоляційні властивості, які спостерігаються в новітньому матеріалі, зможуть покращити та вдосконалити видобуток корисних копалин.

Бібліографічний список

1. Аэрогель - материал удивительный (под. ред. Ю. Акимова), публикация в еженедельнике ОИЯИ "Дубна" № 42 (2003).
2. Техническая характеристика аэрогеля и развития его применения, ст 8, «Аэрогели Справочник», Серия : Достижения в золь-гель. Производные материалы и технологии, (Егертер, Мишель Андре, Льовентіс, Микола, Кобл, Маттіас М. ред.), 2011р.

ВПЛИВ ВІДКРИТОГО ВИДОБУВАННЯ КОРИСНИХ КОПАЛИН НА ГРУНТОВИЙ ПОКРИВ

Розглянуто вплив на ґрунтовий покрив видобування корисних копалин відкритим способом. Наведена характеристика порушень ґрунтового покриття гірничодобувною промисловістю України. Обґрунтовані можливі методи поліпшення екологічної ситуації.

Ключові слова: *корисні копалини, відкрите добування, відвали, ґрунтовий покрив.*

Рассмотрено влияние на почвенный покров добычи полезных ископаемых открытым способом. Приведенная характеристика нарушений почвенного покрова горнодобывающей промышленностью Украины. Обоснованы возможные методы улучшения экологической ситуации.

Ключевые слова: *полезные ископаемые, открытая добыча, отвалы, почвенный покров.*

The effect on soil mining open pit. The characteristic disturbances of soil mining industry of Ukraine. Reasonably possible methods for improving the environmental situation.

Keywords: *minerals, open mining, piles, soil.*

Вступ. Відкрите видобування корисних копалин відкритим способом призводить до істотного погіршення екологічної ситуації як на видобувних підприємствах, так і на навколишніх територіях. Порушення гідрологічного режиму на одних територіях призводить до втрат підґрунтових вод на інших, а також до підтоплення та заболочення ґрунтів і підґрунтя. Під час обвіювання вітром териконів і відвалів розкривних порід повітря забруднюється пилом та газами. Водяні потоки зносять пухкі породи в гідрографічну мережу. При цьому забруднюються балкові й річкові долини, замулюються ставки, ріки, озера, гине риба. Техногенне руйнування ґрунтового покриття зменшує площі орних земель. В зв'язку з даними негативними наслідками ми вважаємо дану тему досить актуальною.

Мета роботи – аналіз впливу відкритого добування корисних копалин на ґрунтовий покрив та встановлення оптимальних режимів ведення робіт із зменшення шкоди навколишньому середовищу.

Аналіз літературних джерел. Проведений аналіз джерел показує, що будь-яке будівництво виводить із сільськогосподарського та лісового користування певну частину земель. З різким зростанням урбанізації великі площі сільськогосподарських угідь відводять під міське та промислове будівництво. Порушується будова ґрунту і при спорудженні різних комунікацій — газо-, нафто-, водопроводів, ліній електропередач.

Видобування корисних копалин відкритим способом потребує менших витрат, ніж шахтним. Тому частка добування відкритим способом уже становить 40–45% загального, глибини кар'єрів перевищують 100–150 м, а в Кривому Розі — 700-800 метрів.

При видобуванні корисних копалин відкритим способом повністю знищуються ґрунтовий покрив, культурна і природна рослинність, а на зміну їм приходять "місячний ландшафт" — конусоподібні відвали, нерідко з токсичних порід, на яких нічого не росте. З цих конусів вітер здимає хмари пилу, забруднюючи довкілля: поля, населені пункти, промислові підприємства. Відвали легко піддаються водній ерозії, забруднюючи водойми.

Матеріали та результати дослідження. Для врегулювання питань подальшого використання земель, порушених гірничорудною промисловістю, розроблено їх класифікацію, що базується на систематизації форм порушення поверхні, походженні порушень, складі порід, віці відвалів, ступені їх зростання.

Л. В. Єстеревська (1977) дала оцінку видів порушень у ґрунтовому покриві при добуванні корисних копалин (табл. 1).

Таблиця 1

Характеристика порушень ґрунтового покриву гірничодобувною промисловістю України

Чинник	Вид порушення	Ступінь порушення
Розвідування корисних копалин	Фрагментарні порушення біогеоценозів (часткове порушення ґрунтів та рослинності, різноманітні, в тому числі й хімічні забруднення)	Фрагментарний
Підземне видобування корисних копалин	Створення акумулятивних (терикони) і денудаційних (провальних) форм техногенного рельєфу. Часткове порушення рослинного і ґрунтового покривів. Зниження рівня підземних вод, зменшення їхнього дебіту. Розвиток ерозії, отруєння атмосфери газами. Загальне зменшення площ під сільськогосподарськими та лісовими угіддями.	Частковий але значний (місцями до повного)
Видобування корисних копалин відкритим способом	Повне знищення культурних і природних ландшафтів. Висушування території. виникнення значних площ із техногенним акумулятивним (відвали) та денудаційним (виїмки) рельєфом. Розвиток ерозії. Винесення на земну поверхню фітотоксичних порід, що забруднюють прилеглі поля.	Повний
Будівництво лінійних комунікацій і споруд (трубопроводи, дороги, лінії електропередач)	Повне або часткове за протяжністю порушення біогеоценозного вкриття. лінійне руйнування рельєфу	Повний
Переробка корисних копалин	Поява великих акумулятивних форм техногенного рельєфу (відвали, гідро відвали, шламонагромаджувачі). Перезволоження, заболочення та отруєння довкілля	Повний

Розвідування корисних копалин зумовлює забруднення ґрунтів сольовими глинистими розчинами, які використовують під час буріння свердловин. Ґрунти при цьому засолюються і зазнають осолонцювання. Але найнебезпечніше забруднення відбувається тоді, коли із свердловини фонтанують газ, нафта чи засолені підґрунтові води [1].

Підземне видобування корисних копалин супроводжується створенням териконів і териконників, в які складають пусту породу. Під них відводять значні площі

родючих ґрунтів. Водна та вітрова ерозії зміщують з них дрібнозем, нерідко забруднюючи навколишню територію токсичним пилом. Терикони вугільних шахт самозагораються і роками забруднюють повітря отруйними газами. Осідання вироблених штреків спричинює провали на поверхні ґрунту, що вилучають дану площу з сільськогосподарського використання. Але найбільше порушується ґрунт при видобуванні корисних копалин відкритим способом. У такому разі під відвали йдуть великі площі сільгоспугідь [1, 2].

Одним із негативних видів технологічного процесу ведення гірських порід є утворення відвалів. Відвал – гірничо-технічна споруда, яка призначена для тимчасового або постійного розміщення розкривних порід, некондиційної мінеральної сировини.

Відвали бувають зовнішніми та внутрішніми. Зовнішні відвали формують поза рудними розробками. Ними можна нарощувати дороги, утворювати з них терикони і териконники, що займають значну площу й отруюють довкілля. Найдоцільніше використовувати під зовнішні відвали яри, балки та інші знижені форми рельєфу, які слід засипати до брівки, а згодом, після осідання, їх рекультивують під сільськогосподарські угіддя. Внутрішні відвали утворюються тоді, коли пуста порода переміщується на вже вироблені ділянки родовища. Це найбільш економний із погляду втрати сільськогосподарських угідь метод відкритого видобування корисних копалин. Проте для створення розрізної траншеї все-таки необхідно формувати зовнішні відвали [1].

Наймасштабніше видобування корисних копалин у Криворізькому та Камиш-Бургунському залізорудних басейнах України, в Придніпровському кам'яновугільному та Нікопольському марганцевому басейнах. У Криворізькому басейні вже вироблені кар'єри на глибину 500 м і більше, велика кількість зовнішніх відвалів загромаджує й забруднює територію родовища.

Відкрита розробка родовищ корисних копалин передбачає зняття гумусового родючого шару ґрунту, складування його з подальшим використанням для рекультивації. Під час роботи великоківшевих екскаваторів відвали мають дуже складний рельєф у вигляді системи паралельних гребенів чи конусів з перепадом відміток 10–15 м. Для розрівнювання таких відвалів потрібно виконувати значний об'єм робіт (до 20 тис. м³/га). Для скорочення обсягу планувальних робіт слід зменшувати ширину відвальної західки при відсипанні відвалів паралельними гребенями або застосовувати технологію віялоподібного відсипання відвалів [2].

Залежно від способу переміщення розкривних робіт відвали можуть бути автотранспортними, скреперними, екскаваторними і гідровідвалами. Найбільш вирівняними є автотранспортні та скреперні відвали, а також гідровідвали при наміванні породи. Найскладніші для подальшого використання екскаваторні відвали. Тому в процесі обробки відвалів є потреба у грубому плануванні, яке проводять із точністю 1–2 м, та тонкому (з точністю 20–30 см), яке проводять через 1–2 роки після відсипання відвалів. Найінтенсивніше осідають відвали в перші два роки, а їх повне осідання триває 15–20 років [1].

Висновки. Досліджено вплив видобування корисних копалин на ґрунтовий покрив та проаналізовано характеристики порушень ґрунтового покриву гірничодобувною промисловістю України.

За отриманими даними можна зробити висновок, що при видобуванні корисних копалин відкритим способом повністю знищуються ґрунтовий покрив, культурна і природна рослинність, а на зміну їм приходять "місячний ландшафт" — конусоподібні відвали, нерідко з токсичних порід. Отже, одним із шляхів подолання існуючої проблеми може бути складування відходів виробництва у відпрацьовані відвали, що значно зменшить площу земель зайнятих під зберігання відходів.

Бібліографічний список

1. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Часть 1 и 2. М.: Недра, 1985.
2. Безопасность ведения горных работ и горноспасательное дело (под ред. К.З. Ушакова). М.: «Академия горных наук», 1999.

УДК 622.4:536.2

Н.М. Петрачкова, Е.М. Хорхордина (4 курс, каф. БП), А.Ф. Галкин, проф., Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», г. Санкт-Петербург)

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ГОРНОРАБОЧИХ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Основные месторождения полезных ископаемых в нашей стране расположены в районах с суровыми климатическими условиями, которые характеризуются низкими температурами воздуха и большой продолжительностью зимнего периода. Работа в таких регионах, как при открытой, так и подземной технологии освоения месторождений требует особого отношения к средствам индивидуальной защиты (СИЗ) органов дыхания. Вместе с защитой от промышленных аэрозолей они должны защищать и органы дыхания рабочего от переохлаждения, которое является усугубляющим фактором при развитии производственно-обусловленных простудных и профессиональных заболеваний [1, 2, 3].

Целью работы является обоснование целесообразности создания респираторов нового типа, которые бы выполняли эти две функции одновременно и при этом были эргономически согласованы со спецификой ведения горных работ в зимний период. На первом этапе исследований были сформулированы и решены следующие задачи.

1) Разработать классификацию используемых в промышленности респираторов по определяющим целью исследований признакам, определив их достоинства и недостатки.

2) Установить длительность периодов года, в которые приходится работать в условиях низких температур без использования СИЗ для основных горнодобывающих регионов страны;

3) Оценить риск работы в условиях низких температур по пылевому фактору.

В соответствие с задачами исследований были проанализированы по основным характеристикам следующие широко используемые, в том числе и в горной промышленности, респираторы [4].

Лепесток состоит из легкой полумаски, состоящей из полимерного фильтрующего материала (ФПП - "фильтр Петрянова" из волокон перхлорвинила). Каркаемость полумаски в рабочем состоянии обеспечивается распоркой и аппретированной наружной марлей. Плотность прилегания обеспечивается с помощью резинового шнура, проходящего по всему периметру респиратора, и пластинкой, обжимающей переносицу, а также за счет электростатического заряда материала ФПП, который обеспечивает надежное прилегание к лицу. Он удерживается на лице двумя хлопчатобумажными лентами. "Лепесток 200", "Лепесток-40", "Лепесток -5". Цифры означают, что респираторы применяются для защиты от высокодисперсных аэрозолей (с размером частиц 1мк) при их концентрациях, превышающих ПДК в 200, 40, 5 раз.

У2-К представляет собой фильтрующую полумаску, наружная сторона которой изготовлена из полиуретанового поропласта, а внутренняя воздухопроницаемая из полиэтиленовой пленки. Между поропластом и пленкой расположен слой

фильтрующего материала КПП-15. В пленку вмонтированы сердцевинки двух клапанов вдоха. Клапан выдоха размещен на пластмассовой сердцевине в передней части полумаски и защищен от повреждений экраном. Для поджима полумаски к лицу в области переносицы имеется носовой зажим в виде фигурной алюминиевой пластины.

Р-2 состоит из фильтрующей полумаски, снабженной клапанами вдоха и выдоха, оголовья, распорки и носового зажима. Респираторы выпускаются в двух исполнениях, отличающихся материалом наружного слоя полумаски: из пенополиуретана или нетканого термоскрепленного материала.

РПА-1 состоит из полумаски ПР-7, двух пластмассовых патронов со сменными против аэрозольными фильтрами, клапана выдоха с предохранительной обоймой, к пряжке которой прикреплен наголовник, из трикотажного обтюлятора.

ЗМ 8102 обеспечивает плотное прилегание к лицу. Мягкая прокладка под носовым зажимом, внутренний слой из гипоаллергенного материала. Крепление резинок в 4-х точках. Изготовлен респиратор из материала ЗМ.

Кама-200 представляет собой комфортную и удобную полумаску. Состоит из бесклапанной фильтрующей полумаски с обтюратором, носовым зажимом и двумя лямками из саржевой ленты, к которым крепится оголовье из эластичного шнура. Фильтрующий материал - волокна перхлорвинила с электростатическим зарядом, нашитые на марлю, т.е. из полимерного фильтровального материала ФПП.

Ф-62ш состоит из резиновой полумаски с оголовьем, клапаном выдоха и одного пластмассового патрона снабженного сменным против аэрозольным фильтром из полимерного материала в виде концентрических складок. Патрон с помощью фланцев патрубка присоединяется к полумаске. Внутри патрубка на седловине расположен клапан вдоха. На крышке патрона имеются жалюзи, являющиеся отбойником грубых частиц пыли. Крышка служит для крепления и герметизации сменного фильтра и фиксируется в корпусе патрона поджимным кольцом.

Бриз-1 представляет собой трехслойную фильтрующую полумаску. Наружный слой углеродосодержащего материала, под которым находится фильтрующий материал из ультратонких полимерных волокон. Одновременно специальный дополнительный сорбирующий слой снижает раздражающие действия кислых газов, поглощает пары неприятно пахнущих органических веществ и растворителей при наличии их в атмосфере не выше одной предельно допустимой концентрации (1ПДК). Респиратор имеет носовой зажим в виде алюминиевой пластинки, а также регулируемое оголовье из резиновой ленты.

Все рассмотренные респираторы были классифицированы по следующим показателям

1. По кратности ПДК подавления

- до 4ПДК (Р-2)
- до 12ПДК (ЗМ 8102, Лепесток-5)
- до 100ПДК (Лепесток-40, Кама-200, Бриз-1)
- до 200ПДК (У2-К)
- до 500ПДК (Лепесток-200, Ф-62ш, РПА-1)

2. По сроку службы

- до 2х рабочих смен (Кама-200)
- до 6ти рабочих смен (Лепесток, ЗМ 8102)
- до 30ти рабочих смен (У2-К, Р-2, РПА-1, Ф-62)

3. По массе

- 10-20грамм (Лепесток, ЗМ 8102, Бриз-1)
- 60грамм (У2-К, Р-2)
- 190-250грамм (РПА-1, Ф-62ш)

Отдельно рассмотрены температурные диапазоны надежной работы респираторов:

Лепесток – от 0°C до 28°C ;

Бриз-1 – от 0°C до 50°C ;

Кама-200 – от -10°C до 35°C ;

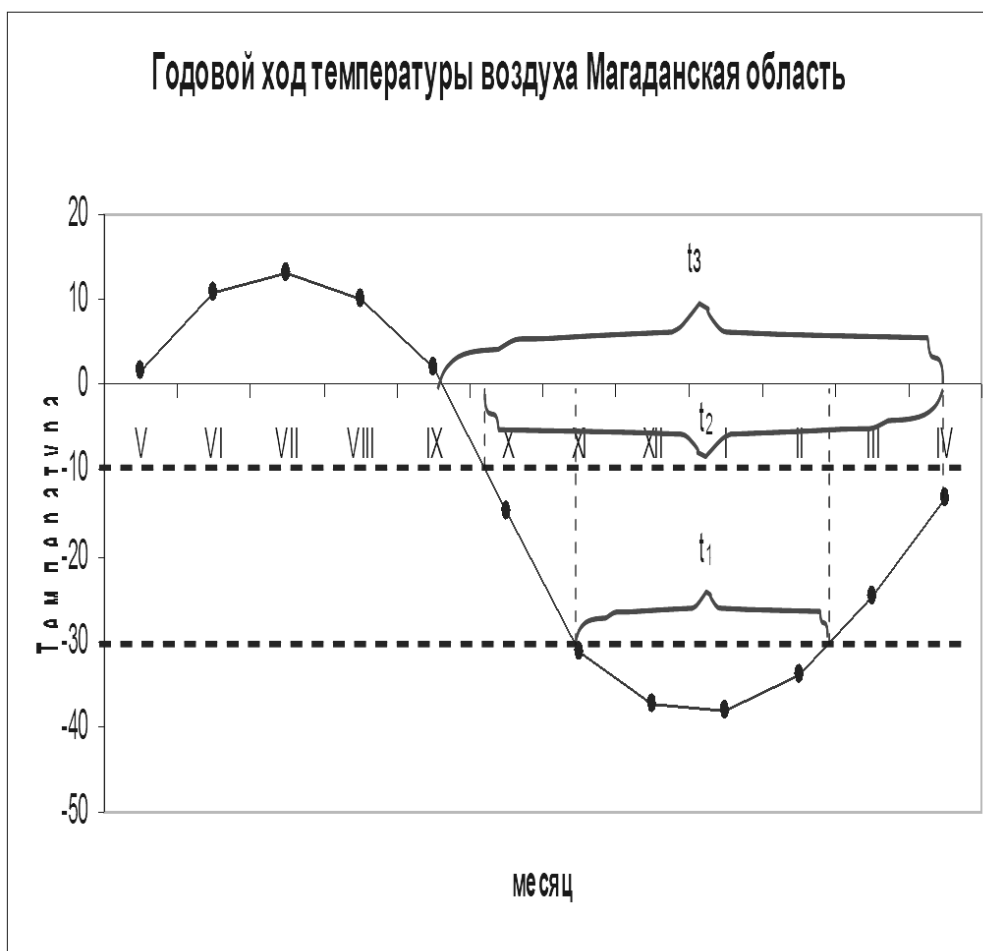
Ф-62ш и РПА-1 – от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$;

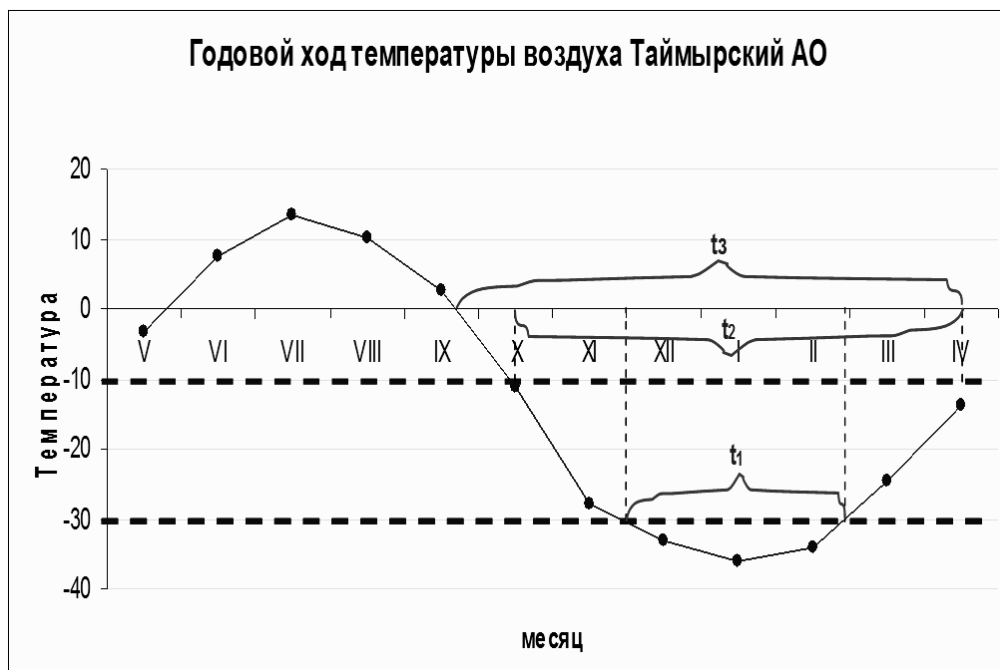
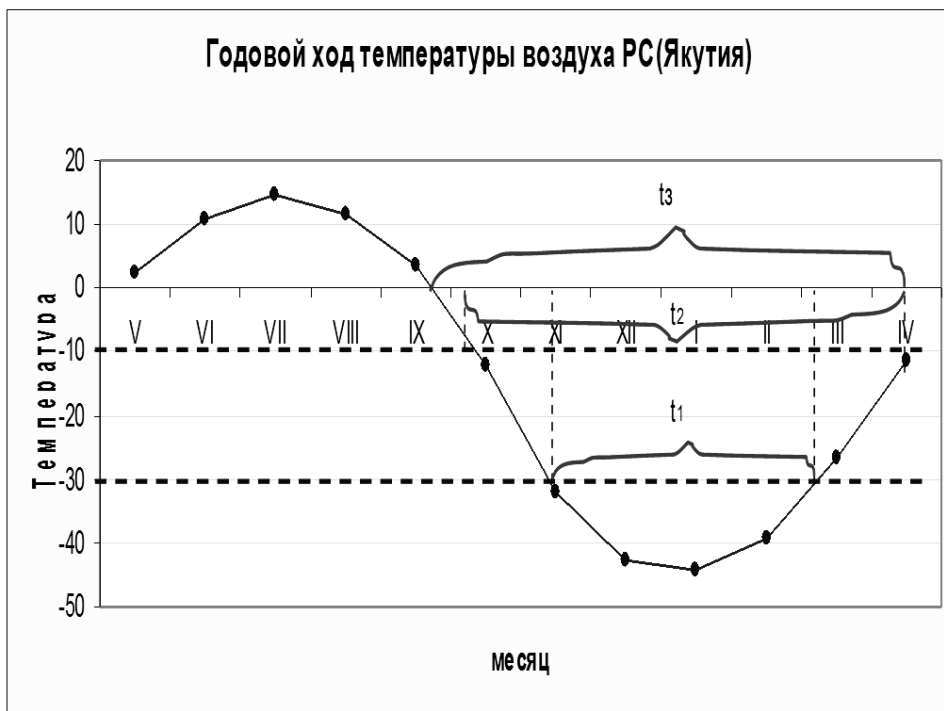
Р-2 – от -40°C до $+50^{\circ}\text{C}$;

У2-К – от -10°C до 35°C .

Введено понятие *коэффициент вредности*, который характеризует отношение количества дней в году, когда рабочие не пользуются средствами индивидуальной защиты на общий зимний период.

Для того чтобы было видно сколько дней составляет общий зимний период приведены графики:





Коэффициент вредности:

$$R_i = \frac{t_i}{t_3}, (i=1,2)$$

где t_1 – период, когда температура -30°C (респиратор не используется);
 t_2 – период, когда температура -10°C (респиратор не используется);
 t_3 – период отрицательных температур.

Магаданская область и РС (Якутия):

$$R_1 = \frac{120}{242} = 0,5$$

$$R_2 = \frac{212}{242} = 0,9$$

Таймырский АО:

$$R_1 = \frac{90}{242} = 0,4$$

$$R_2 = \frac{212}{242} = 0,9$$

Коэффициент вредности при температуре -10°C будет выше, чем при температуре -30°C по причине того, что период без использования респиратора длиннее; при -10°C он составляет 212 дней, а при -30°C – 120 дней.

Коэффициент поглощения пыли при работе с респиратором:

$$k_1 = \frac{N_{p.з.}}{n_{ПДКр}} \cdot t_3 \cdot T_p$$

где $N_{p.з.}$ – концентрация пыли в воздухе рабочей зоны, $\text{мг}/\text{м}^3$; t_3 – число дней в зимнем периоде; T_p – продолжительность рабочей смены, ч; $n_{ПДКр}$ – кратность ПДК респиратора.

$$k_1 = \frac{60}{4} \cdot 242 \cdot 8 = 79,6 \text{ мг} / \text{м}^3 \text{ в год} \quad (\text{P-2})$$

$$k_1 = \frac{60}{12} \cdot 242 \cdot 8 = 26,5 \text{ мг} / \text{м}^3 \text{ в год} \quad (\text{ЗМ8102, Лепесток-5})$$

$$k_1 = \frac{60}{100} \cdot 242 \cdot 8 = 3,1 \text{ мг} / \text{м}^3 \text{ в год} \quad (\text{Лепесток-40, Кама200, Бриз-1})$$

$$k_1 = \frac{60}{200} \cdot 242 \cdot 8 = 1,6 \text{ мг} / \text{м}^3 \text{ в год} \quad (\text{У2-К})$$

$$k_1 = \frac{60}{500} \cdot 242 \cdot 8 = 0,6 \text{ мг} / \text{м}^3 \text{ в год} \quad (\text{Лепесток-200, Ф-62ш, РПА-1})$$

Коэффициент поглощения пыли при работе без респиратора:

$$k_2 = \frac{N_{p.з.}}{n_{ПДКр}} \cdot (t_3 - t_2) T_p + N_{среды} \cdot t_2 \cdot T_p$$

где N_{cp} – концентрация пыли в воздухе рабочей зоны, $\text{мг}/\text{м}^3$; t_3 – число дней в зимнем периоде; t_2 – число дней при температуре ниже -10°C ; T_p – продолжительность рабочей смены, ч; $n_{ПДКр}$ – кратность ПДК респиратора.

$$k_2 = \frac{60}{4} \cdot (242 - 212) \cdot 8 + 60 \cdot 212 \cdot 8 = 288,6 \text{ мг} / \text{м}^3 \text{ в год} \quad (\text{P-2})$$

$$k_2 = \frac{60}{12} \cdot (242 - 212) \cdot 8 + 60 \cdot 212 \cdot 8 = 282,1 \text{ мг} / \text{м}^3 \text{ в год} \quad (\text{ЗМ8102, Лепесток-5})$$

$$k_2 = \frac{60}{100} \cdot (242 - 212) \cdot 8 + 60 \cdot 212 \cdot 8 = 279,2 \text{ мг} / \text{м}^3 \text{ в год} \quad (\text{Лепесток-40, Кама200, Бриз-1})$$

$$k_2 = \frac{60}{200} \cdot (242 - 212) \cdot 8 + 60 \cdot 212 \cdot 8 = 278,9 \text{ мг} / \text{м}^3 \text{ в год} \quad (\text{У2-К})$$

$$k_2 = \frac{60}{500} \cdot (242 - 212) \cdot 8 + 60 \cdot 212 \cdot 8 = 278,8 \text{ мг} / \text{м}^3 \text{ в год} \quad (\text{Лепесток-200, Ф-62ш, РПА-1})$$

Риск заболеваемости:

$$P = \frac{K_2 - K_1}{K_2}$$

где K_1 - коэффициент поглощения пыли при работе с респиратором, $\text{мг}/\text{м}^3$ в год;
 K_2 - коэффициент поглощения пыли при работе без респиратора, $\text{мг}/\text{м}^3$ в год.

$$P_1 = \frac{288,6 - 79,6}{288,6} = 0,72 \quad (\text{P-2})$$

$$P_2 = \frac{282,1 - 26,5}{282,1} = 0,90 \quad (\text{3M8102, Лепесток-5})$$

$$P_3 = \frac{279,2 - 3,1}{279,2} = 0,99 \quad (\text{Лепесток-40, Кама200, Бриз-1})$$

$$P_4 = \frac{278,9 - 1,6}{278,9} = 0,99 \quad (\text{У2-К})$$

$$P_5 = \frac{278,8 - 0,6}{278,8} = 0,99 \quad (\text{Лепесток-200, Ф-62ш, РПА-1})$$

Как видно, коэффициент вредности изменяется от 0,4-0,9 – это означает очень высокий риск заболеваемости органов дыхания. Из-за того, что при работе в условиях отрицательных температур рабочие не используют средства индивидуальной защиты (СИЗ) уровень попадания пыли в организм при дыхании составляет $278,8\text{-}288,6 \text{ мг}/\text{м}^3$ в год. Это значительно усиливает нагрузку на иммунную систему рабочих и повышает риск возникновения производственно-обусловленных заболеваний.

Анализ показал, что универсальных СИЗ для работы в условиях низких температур в настоящее время нет. Те из них, которые удовлетворяют требуемым температурным условиям эксплуатации, имеют большую массу, и в них неудобно работать полную рабочую смену. Кроме того, ни один из известных нам типов респираторов не защищает верхние дыхательные пути от переохлаждения. Для решения второй и третьей задачи были проанализированы климатические условия в наиболее суровых по климату горнодобывающих регионах [5, 6]. Установлено, что, например, для таких перспективных горнодобывающих регионов как Магаданская область и республика Саха (Якутия) пылевая нагрузка на горнорабочих в зимний период может увеличиваться в 3,5 раза. Соответственно и риск производственно обусловленных заболеваний, вызванных промышленными аэрозолями, увеличивается в такой же степени.

Библиографический список

1. Дядькин Ю.Д. Основы горной теплофизики. - М.: Недра, 1968. - 256 с.
2. Шувалов Ю.В. Безопасность жизнедеятельности трудящихся в горнодобывающих регионах Севера. СПб.: МАНЭБ, 2006. - 640 с.
3. Галкин А.Ф. Тепловой режим подземных сооружений Севера. - Новосибирск: Наука, 2000. - 305 с.
4. Помощь по фильтрующим респираторам. - [электронный ресурс]. - Режим доступа: URL:
<http://www.msouz.ru/newscard.aspx?id=3887> (дата обращения 10.11.2013).
5. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. Актуализация редакции 2012.

СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ДІЯЛЬНОСТІ ПРИВАТНИХ ВУГЛЕВИДОБУВНИХ КОМПАНІЙ УКРАЇНИ

У даній статті розглянуті моделі та механізми діяльності приватних вуглевидобувних компаній України, проаналізований досвід формування недержавного сектору вугільної галузі, дана оцінка сучасному підходу до організації діяльності приватних вуглевидобувних підприємств, виділені найперспективніші напрямки реформування вугільного сектору України.

В данной статье рассмотрены модели и механизмы деятельности частных угледобывающих компаний Украины, проанализирован опыт формирования негосударственного сектора угольной отрасли, дана оценка современному подходу к организации деятельности частных угледобывающих предприятий, выделены перспективные направления реформирования угольного сектора Украины.

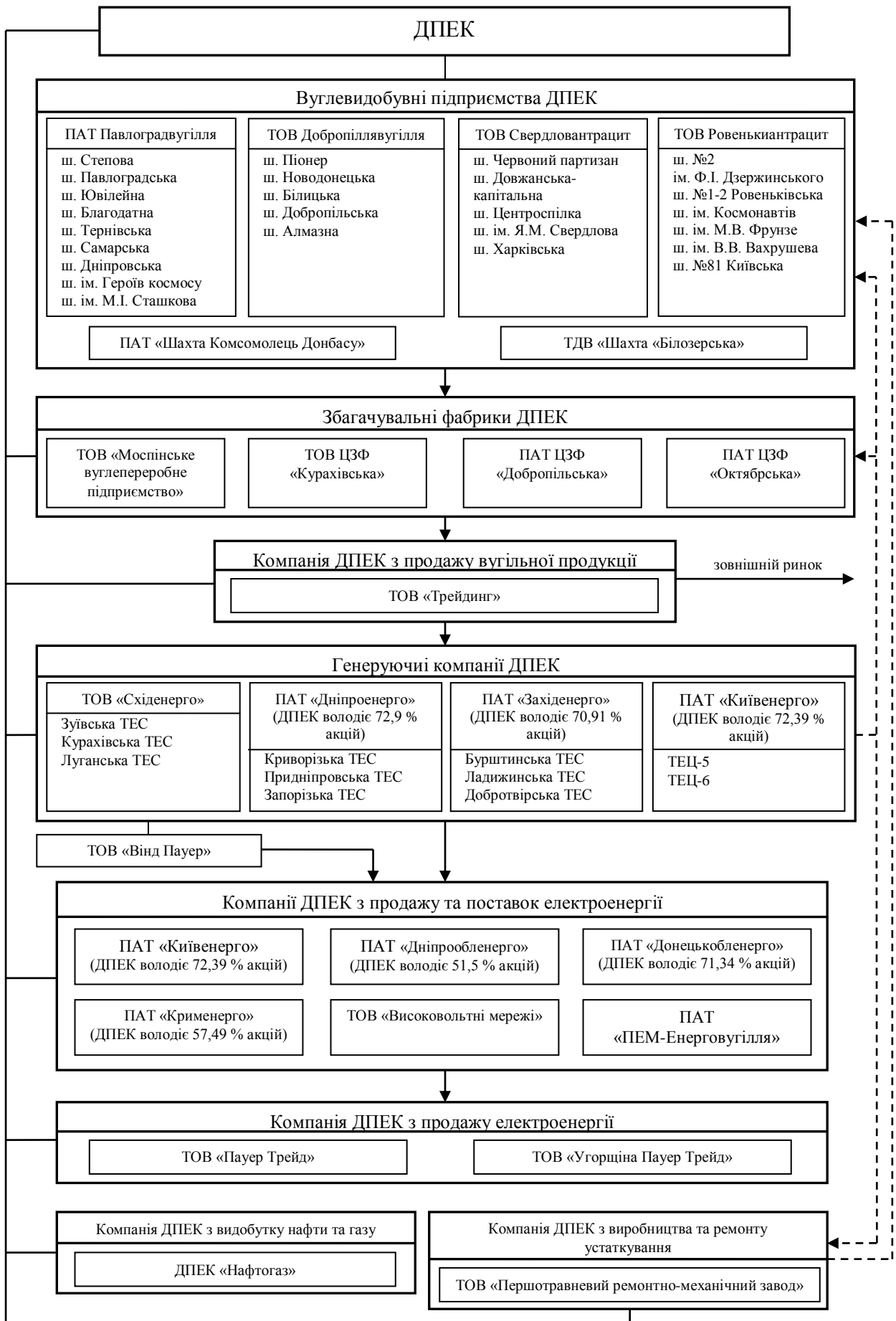
This article discusses the models and mechanisms of private mining companies in Ukraine, the experience of the formation of the non-state sector of the coal industry, this modern approach to the assessment of the activities of private coal mines allocated to promising directions for reform of the coal sector in Ukraine.

Формування сучасного стану вугільної галузі України відбувалось під впливом реструктуризаційних процесів, які реалізовувались упродовж останніх 20 років. Як наслідок, країна частково оптимізувала роботу вугільної промисловості. Роздержавлення окремих підприємств та частково реалізовані плани з ліквідації найменш перспективних шахт у певній мірі оздоровили роботу галузі, але при цьому створили передумови для поглиблення кризи у державному секторі вугільної промисловості.

На сьогоднішній день вугільна галузь України функціонує за змішаною формою власності, подібно до польської моделі. Але на відміну від Польщі у роботі вугільної промисловості України спостерігається значний дисбаланс показників функціонування державного та приватного секторів. Дана тенденція обумовлена тим, що: по-перше, не було повністю виконано план з ліквідації найбільш збиткових та неперспективних шахт, як наслідок, частина підприємств, що підлягали закриттю, продовжують функціонування у державному секторі; по-друге, підхід до роздержавлення вуглевидобувних підприємств є вибіркоким; по-третє, задля забезпечення країни власним паливом та підтримки соціальної стабільності в регіонах держава змушена була дотувати збиткові шахти, чим спровокувала виникнення «утриманських» настроїв серед робітників. Усі ці чинники сприяли щорічному зниженню рентабельності вуглевидобутку в державному секторі.

Кардинально протилежно склалась ситуація у недержавному секторі вугільної галузі. Значна частина шахт недержавного сектору вугільної галузі України, входить до складу потужної корпорації Систем Кепітал Менеджмент (СКМ). Належні до СКМ групи Метінвест та Донбаська паливно-енергетична компанія (ДПЕК) (Рис. 1), займаються видобутком, переробкою та подальшим використанням вугільної продукції на власних підприємствах.

Рис. 1 Виробнича структура вертикально інтегрованої компанії ДПЕК



До складу Метінвесту входить ПАТ «Краснодонвугілля», котре займається видобутком коксового вугілля (видобуток у 2013 р. склав 5,46 млн т). Крім того, з метою посилення власних позицій на українському ринку вугілля, СКМ придала вуглевидобувне підприємство Юнайтед Коул у США (з річним видобутком понад 5 млн. т). Таким чином, корпорація СКМ забезпечує приналежні Метінвесту металургійні комбінати власною сировиною [1].

До складу ДПЕК входять: ПАТ Павлоградвугілля (видобуток у 2013 р. – 18 млн т); ТОВ Свердловантрацит (видобуто у 2013 р. – 7 млн т); ТОВ Ровенькиантрацит (видобуток у 2013 р. – 6,7 млн т); ТОВ Комсомолець Донбасу (видобуток у 2013 р. – 4 млн т); ТОВ Добропіллявугілля (видобуток у 2013 р. – 2,8 млн т). ДПЕК представляє собою вертикально інтегровану компанію з повним циклом виробництва, кінцевим продуктом якої є електроенергія.

Іншою потужною вертикально інтегрованою компанією, діяльність якої пов'язана з видобутком вугілля в Україні, є ЗАТ «Донецкий-металургійний завод». До складу даної корпорації входить найбільше вуглевидобувне підприємство України, шахтоуправління «Покровіське» (видобуток у 2013 р. – 8,6 млн т). Крім цього ЗАТ «Донецкий-металургійний завод» володіє російською вугільною компанією «Заречная», котра розташована в межах Кузнецького вугільного басейну. Дана корпорація, подібно до груп СКМ, має повний цикл виробництва, кінцевим продуктом якого є металопрокат.

Ще однією крупною компанією з видобутку вугілля на території України, є горизонтально інтегрована холдингова компанія «Coal Energy S.A». Дана корпорація об'єднує активи 12 підприємств вугільної галузі України. Станом на кінець 2013 р., сукупні запаси вугілля в межах підприємства «Coal Energy S.A» оцінюються у 331,5 млн т, в тому числі: 179,6 млн т енергетичного вугілля; 151,9 млн т коксового вугілля. У 2013 р. загальний видобуток склав 1,6 млн т вугілля, в тому числі: 1,2 млн т енергетичного вугілля; 0,2 млн т коксового вугілля; 0,2 млн т вугілля двійного призначення [2]. На відміну від попередньо приведених корпорацій, діяльність «Coal Energy S.A» зводиться тільки до видобутку, збагачення та реалізації вугілля (Рис.2).

Проаналізувавши поточний стан вуглевидобувних підприємств державного сектору зазначимо, що існує декілька варіантів оптимізації їхньої діяльності. Один з них, це відокремлення підприємств від центрального ДП з наданням більшого комплексу повноважень та впровадження на них механізмів державно-приватного партнерства. Частково даний підхід реалізований на ПАТ «Шахта «Надія», ПАТ «Шахта «Білоріченська», ПАТ Шахтоуправління «Донбас». За умови реалізації цього варіанту, вугільна галузь отримує окреме підприємство с певним спектром повноважень (в залежності від обраної форми державно-приватного партнерства) та наявним обсягом зовнішніх інвестицій.

Іншим не менш доцільним варіантом, може стати передача державних вуглевидобувних підприємств до складу потужних вертикально інтегрованих компаній. В умовах вугільної галузі України, переважніше було б інтегрувати шахти на основі державно-приватного партнерства. Таким чином, зберігаючи певний вплив держави на дані підприємства.

Вертикально інтегровані компанії представляють собою комплекс різнопрофільних підприємств, діяльність яких направлена на реалізацію певного циклу виробництва за багаторівневою схемою. Для вуглевидобувних підприємств це можуть бути компанії, з виробництва електроенергії або металопрокату. Вугільні шахти інтегровані в дані компанії, виступають у ролі постачальників сировини (вугілля), яку використовують у подальшому циклі виробництва.

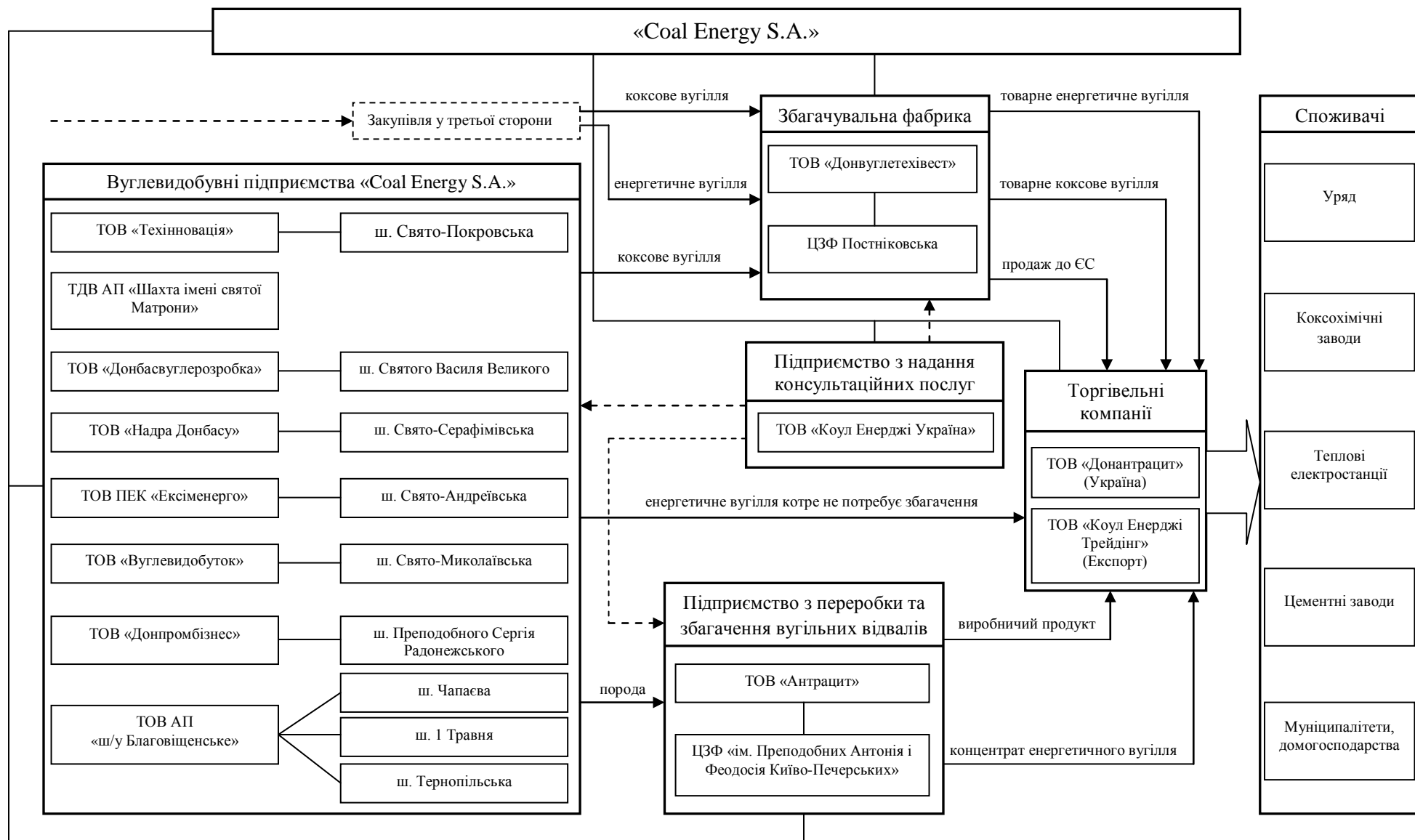


Рис. 2 Виробнича структура горизонтально інтегрованої компанії «Coal Energy S.A.»

Альтернативою вертикально інтегрованим можуть бути горизонтально інтегровані компанії. За великим рахунком принципи діяльності цих двох об'єктів господарювання є дещо схожими. Відмінність полягає у кінцевому результаті виробництва. Горизонтально інтегровані компанії представляють собою комплекс підприємств з виробництва певного типу продукції та об'єктів їхнього обслуговування. У випадку вуглевидобувних підприємств, це рядове або збагачене вугілля. Тобто, кінцевою продукцією компанії, є виключно вугілля. Зазвичай виробничий процес у подібних горизонтально інтегрованих компаніях реалізується в один або два цикли: *видобуток вугілля, видобуток – збагачення*. На відміну від вертикально інтегрованих корпорацій, цикл виробництва у цих компаніях не є повним, в чому полягає їхня основна специфіка. Крім цього, рентабельність виробництва залежить виключно від кон'юнктури ринку на первину продукцію (в даному випадку вугілля).

Особливістю горизонтально інтегрованих компаній, є орієнтація на вузькопрофільне виробництво, котре обслуговується належними до неї структурними одиницями. До складу подібних компаній може входити до десятка підприємств з надання певних послуг основним виробничим об'єктам. Вугільна компанія «Coal Energy S.A.» володіє трьома підприємствами даного профілю: ТОВ «Донантрацит», ТОВ «Коул Енерджі Трейдинг» - займаються реалізацією вугілля в Україні та закордоном; ТОВ «Коул Енерджі Україна» - надає консалтингові послуги

Оцінюючи діяльність вертикально та горизонтально інтегрованих компаній, функціонування яких пов'язане з видобутком вугілля, слід зазначити, що обидва типи є доцільними для задіяння в умовах вітчизняної вугільної галузі. Основним аргументом на користь цього є той факт, що Україна володіє значними запасами вугілля (33,8 млрд т), більшість з яких знаходяться в межах діючих підприємств або шахт, котрі знаходяться в стані ліквідації. Тобто, для розробки покладів є всі необхідні передумови: ствол, основні виробки, система вентиляції та водовідливу, поверхнева інфраструктура, тощо. За умови включення даних підприємств до складу вертикально або горизонтально інтегрованих компаній шахти стають структурними елементами у потужному економічному механізмі. Таким чином, виникає можливість інвестування коштів у розвиток переданих вуглевидобувних підприємств за рахунок прибуткової діяльності інших суб'єктів компанії.

Отже, в сучасних економічних умовах України незаперечним залишається факт у потребі роздержавлення підприємств вугільної галузі. При наявній ситуації, їхнє збереження у складі Міністерства палива та вугільної промисловості України, черевате подальшим поглибленням кризового стану. Для оптимізації вуглевидобутку в Україні вітчизняні шахти потребують адаптації до сучасних ринкових умов функціонування. Саме тому перехід підприємств зі складу Міністерства палива та вугільної промисловості України до складу потужних вертикально або горизонтально інтегрованих компаній, є тотожним переходу від централізованої економіки до ринкової.

Бібліографічний список

1. Biznes kompanii «Coal Energy S.A.», available at: <http://www.coalenergy.com.ua>
2. Формування та реалізація державної політики стосовно вугільної промисловості з урахуванням інтеграції України у світову економіку: монографія / О.І. Амоша, Л.Л. Стариченко, Д.Ю. Череватський та ін.; НАН України, Ін-т економіки пром.-сті. – Донецьк, 2013. – 196 с.

Кравець В.Г., д.т.н., проф., Стовпник С.М., к.т.н., доц., Добровольська А.О., маг. НТУУ «КПІ», м. Київ, Україна

АНАЛІЗ ПРОСАДКОВОСТІ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ВАРІАНТІВ ЗАМОЧУВАННЯ ТЕХНОГЕННОГО ҐРУНТУ

В роботі досліджувалось просадковість ґрунту при замочуванні його в різних речовинах, а саме: гаряча вода (60С), нафтово-масляний продукт (технічний керосин), і при різних ступенях навантаження.

В работе исследовалось просадковисть почвы при замачивании его в различных веществах, а именно: горячая вода (60С), нефтяного-масляный продукт (технический керосин), и при различных степенях нагрузки.

This paper investigated prosadkovist soil when soaking it in different substances, namely hot water (60С), an oil-wet product (petroleum engineering), and at different stages of loading.

Неврахування деформацій техногенного ґрунту, внаслідок порушення роботи каналізаційної системи в тісній міській забудові, часто призводить не очікуваних деформацій, адже внаслідок аварійних витоків з тепломереж споруди допоможуть отримувати додаткове просідання до 0,5 м, хоча вважалось, що за довгий строк їх експлуатації основа під цими спорудами стала умовно непросідаючою.

При замочуванні техногенні ґрунти можуть викликати просідання, часто нерівномірні, на схилах - зсуви.

Умови, що необхідні для проявів просідання:

- 1) достатнє зволоження, при якому в значній мірі знижується міцність ґрунту;
- 2) наявність навантаження, здатного при зволоженні перевищити сили зчеплення ґрунту.

Для аналізу просадки розглянуто декілька варіантів замочування в результаті чого визначено відносну деформації при ступінчастому і одноразовому навантаженні. В дослідях використовуються ґрунти, які були відібрані в м. Києві в Солом'янському районі. В лабораторії НДІБК були підготовлені зразки ґрунту для дослідів, а також було визначено фізико-механічні характеристики. За складом зразки представлені супіском. Досліди проводились на компресійних приладах (Wikeham Farran, В. Британія) з тиловим завантаженням модель WF-24001 та з фронтальним завантаженням модель WF-24251. Випробування виконувались згідно з методом компресійного стиску (ДСТУ Б В.2.1-4-96)

Дослід проводився в три етапи:

- 1 етап – ступінчасте навантаження ґрунту у чотирьох станах (1. Природний стан;
2. Замочений в холодній воді. 3. Замочений в гарячій воді; 4. Замочений в нафтовому продукті). Результати даного етапу вказані на рис 1.

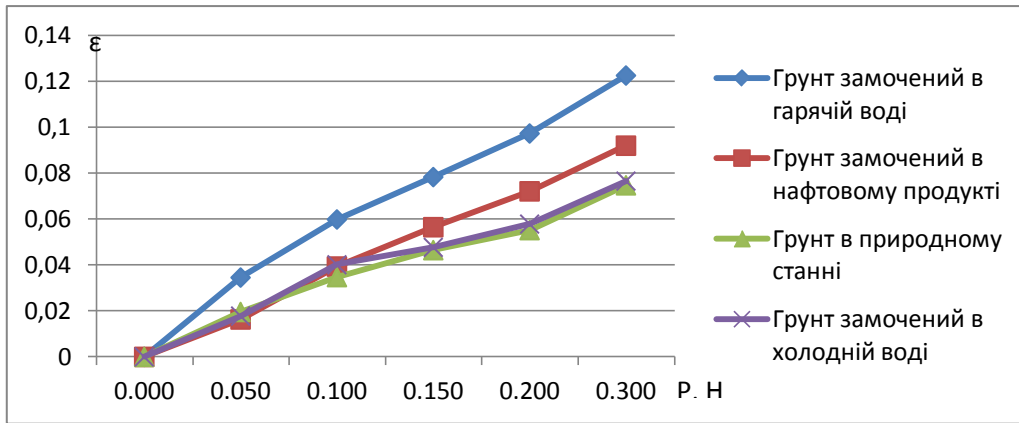


Рис. 1. Залежність відносної вертикальної деформації відповідно до навантажень на грунт

В результаті першого етапу можна зробити висновок, що грунт який був попередньо замочений в гарячій воді просів на 7 % відносно до потужності випробувального шару (1,9 см), а грунт в природному станні на 4 %. Хоча до навантаження в 1,5 кг просадка ґрунту, в усіх станах крім замоченого в гарячій воді, знаходилась в одному діапазоні. Проаналізувавши рис. 1 були проведенні дослідження деформації часу, і результати були наведенні на рис. 2., з якого можна зробити висновок, що умовна стабілізація не настала ні в одному із випадків.

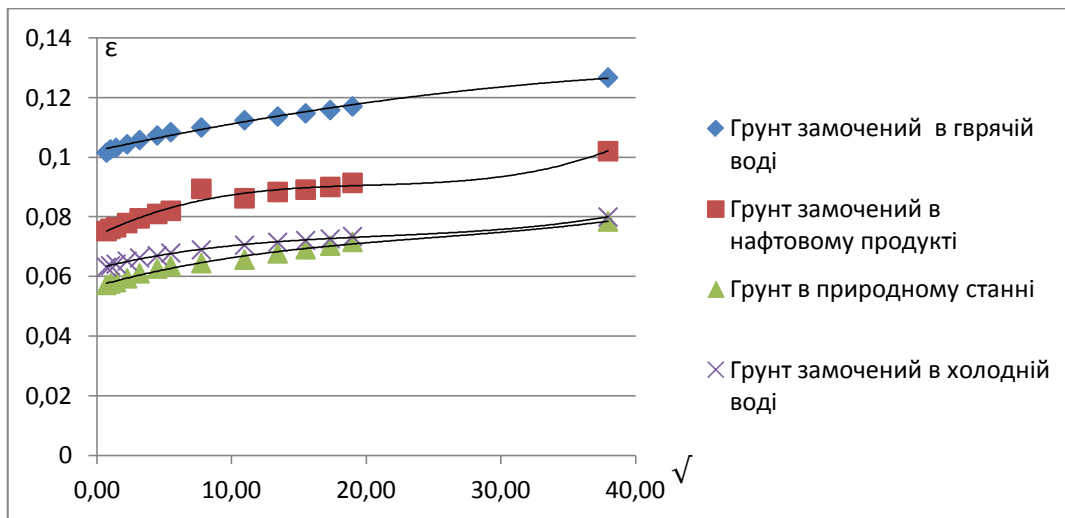


Рис. 2. Залежність відносної вертикальної деформації при навантаженні в 3 кг. до \sqrt{t} .

II етап - ступінчасте навантаження ґрунта, який був попередньо намочений і витриманий 30 календарних днів у природних умовах. Результати наведенні на рис. 3.

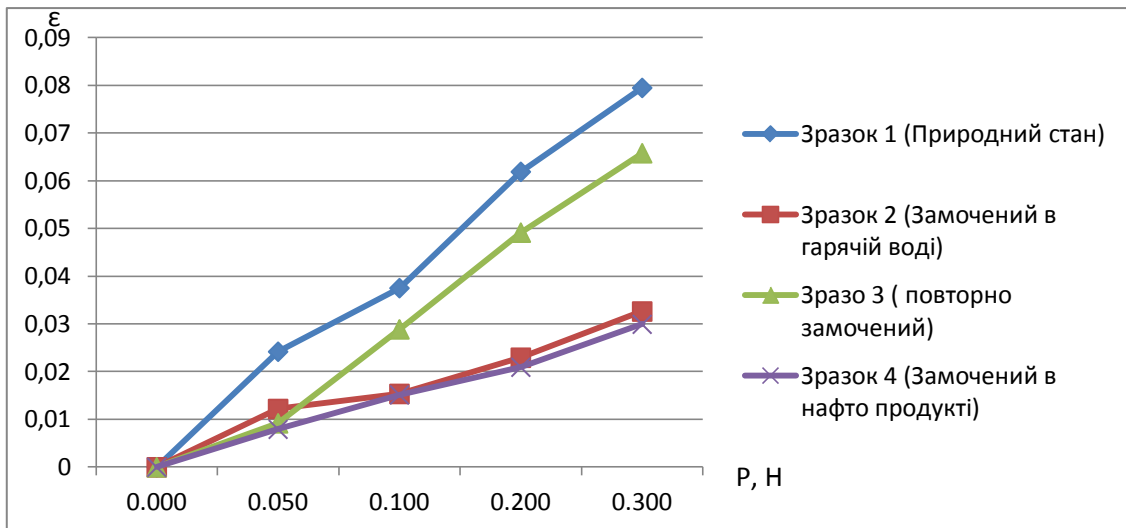


Рис. 3. Залежність відносної вертикальної деформації відповідно до навантажень на ґрунт

За результатами 2-го етапу найбільша просадка виникла у зразок, який знаходився в природному стані 4 % в порівнянні з потужністю випробуючого шару, а зразок замочений в нафтопродукті на 1,5 %. Якщо зразок, який попередньо замочений в гарячій воді і витриманий повторно замочити, то він дає просадку в 120 %, більшу, чим в природному станні, що дає зробити висновки, що ґрунт який замочений в гарячій воді не стабільний і дає велику просадність. Розглянувши деформацію в часі (див. рис. 4) можна запевнити, що стабілізація як і в першому випадку не настала.

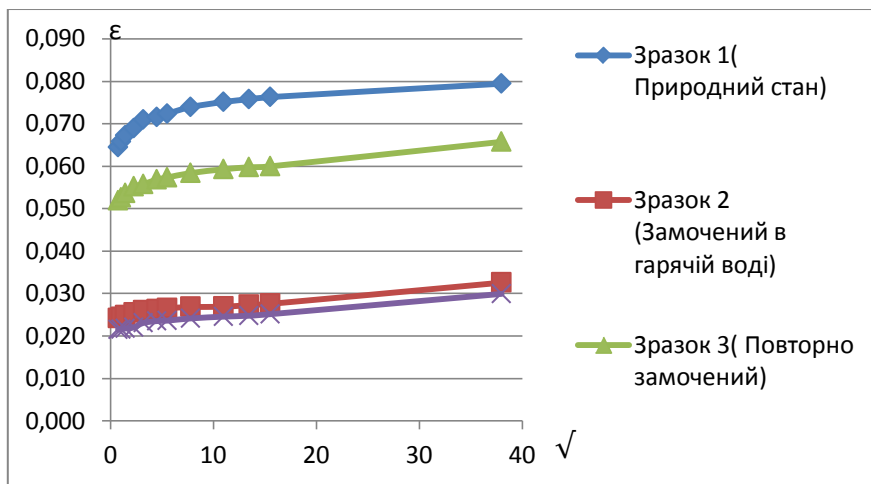


Рис. 4. Залежність відносної вертикальної деформації при навантаженні в 3 кг до \sqrt{t} .

III етап - одноразове навантаження ґрунта який був замочений за добу і за 30 календарних днів.

На третьому етапі розглянуто ґрунти які відразу завантажили до 3 кг. В досліді використано ґрунти які брали участь в другому етапі, тобто які були замочені і видержаний 30 календарних днів у природних умовах та просто попередньо замочений ґрунт. Спочатку зразки в трьох станах: природний стан (зразок 1), попередньо замочений в гарячій воді (зразок 2), попередньо замочений в нафтопродукті (зразок 3)

навантажили 3 кг. Потім зразки які були попередньо навантаженні повторно замочили (зразок 2 та 3) і навантажили разом із зразками які були намочені за 30 днів до випробування (зразок 4 та 5). По результатам, які наведенні на рис. 3 та 4, можна зробити висновки, що стабілізація відносної вертикальної деформації не настала, так як після повторного навантаження грунт має хоч і незначну, але все ж просадку. З рис. 6 ми бачимо, що при повторному замочуванні в зразка, який був замочений в гарячій воді, стабілізація все ж таки настала. З рис. 7 можна зробити висновки, що зразок який був замочений в гарячій воді при повторному замочуванні просідає, але просадка не значна, що не можна сказати про зразок, який був замочений в нафтовому продукті.

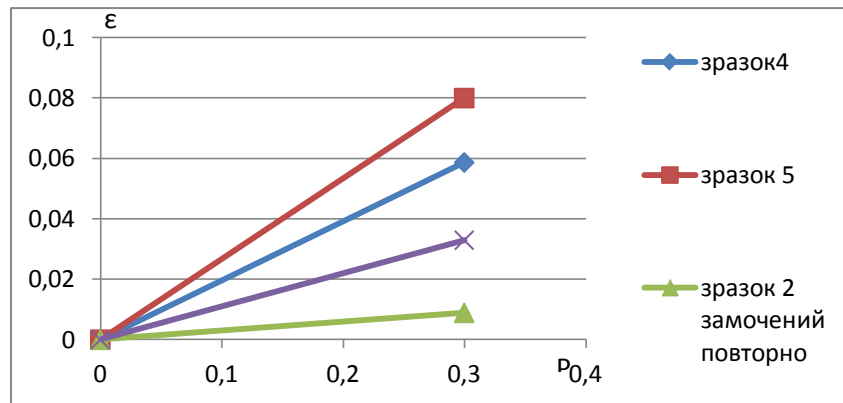


Рис 5. Залежність відносної вертикальної деформації при навантаженні 3 кг.

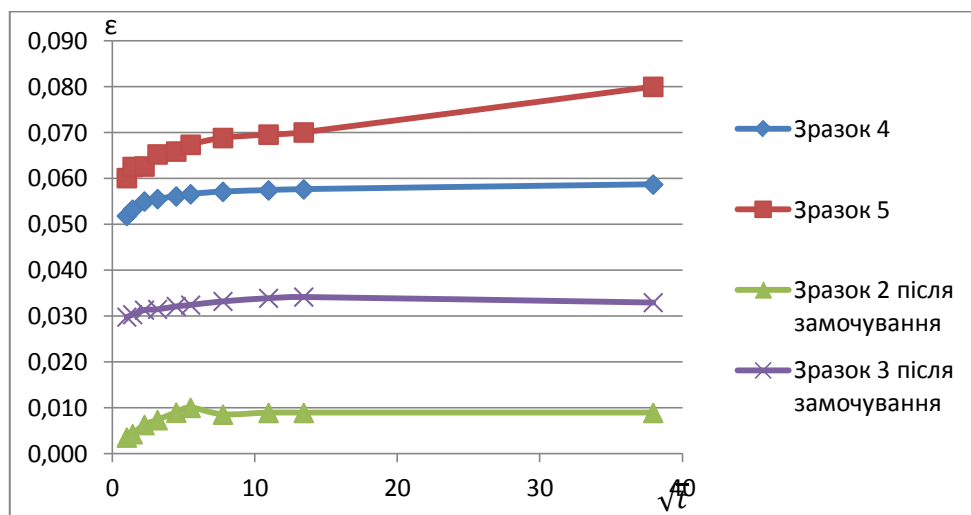


Рис. 6. Залежність відносної вертикальної деформації при навантаженні в 3 кг. до \sqrt{t} .

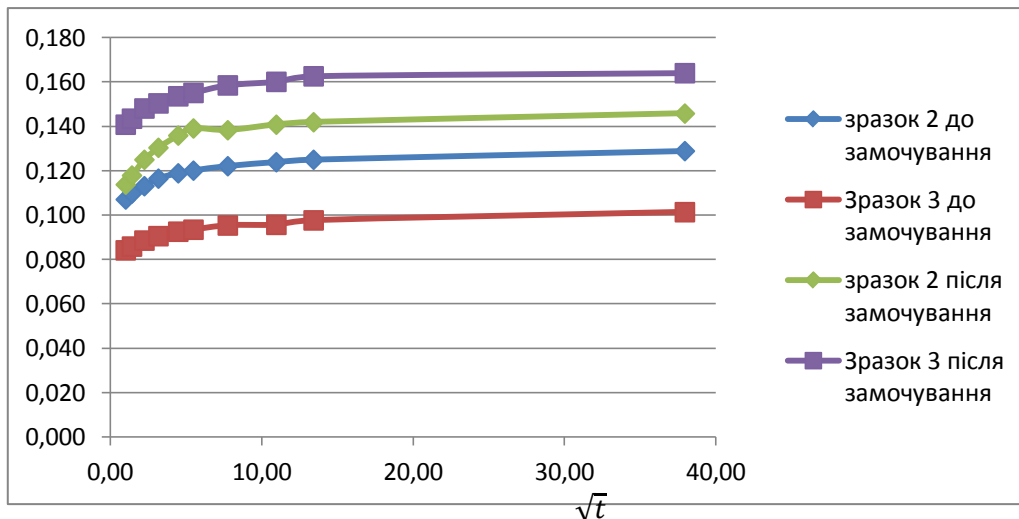


Рис. 7 Порівняння відносних деформацій до замочування і після

Висновки та напрямки подальших досліджень

В результаті проведення досліджень просадковості техногенного ґрунту можна зробити висновки:

- При замочуванні ґрунту в різних рідинах і при ступінчастому навантаженні найбільш просадність виявив ґрунт який був замочений в гарячій воді на 7 % відносно до потужності випробувального шару, а ґрунт який залишався в природному стані (без замочування) в 4 %;
- Осадження ґрунту який замочений в гарячій воді перевищує нормативний рівень на 48 % за ДБН В.1.1-5-2000.
- Витримка зразків у природному станні , повторного намочуванні та навантаження призводить до зворотнього результату, чим вказаний в першому висновку, хоча при повторному замочуванні зразка, який був замочений в гарячій воді призводить до деформацій які в двічі більші чим в попередньому станні.
- Як в першому так і в другому випадку при ступінчастому навантаженні ґрунти умовної стабілізації не досягнули.
- Витримка у часі в природному станні і замочування із умовно миттєвим навантаження призводить до виникнення осаджень у вигляді 7,6 % у випадку з замочуванням гарячою водою і в 9 % у випадку з нафтопродуктом, яке стабілізуються в перші 1,5 год;
- Повторне замочування ініціює осадження, яке стабілізується тільки у випадку з нафтовим продуктом, а інші являються прогресуючими.

УДК 622.831

Логунова А.О., асп., Халимендик А.В., асп., Ганєев Сергей Николаевич, научный руководитель, к.т.н, доцент кафедры строительства, геотехники и геомеханики ГВУЗ «Национальный горный университет»

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНКЕРНЫХ СИСТЕМ НА ВЕЛИЧИНУ ПУЧЕНИЯ ПОРОД ПОЧВЫ В ОДИНОЧНОЙ ВЫРАБОТКЕ

Рассмотрено моделирование геомеханической системы «выработка-массив» поэтапным методом. Выполнено численное моделирование с целью установления влияния различных вариантов установки анкеров на НДС геомеханической системы

«крепь-выработка-массив». Определен коэффициент влияния забоя, обоснованы параметры анкерных систем, рациональные в конкретных горно-геологических условиях.

The modelling of geomechanical system 'excavation-rock' by stepwise method is considered. Numerical modeling is completed for determining the impact of various variants of anchors installation on stress strain behavior of geomechanical system 'support-excavation-rock'. The coefficient of the face influence is determined, settings of anchor systems that are rational in specific geological conditions are substantiated.

Геомеханические процессы, реализующиеся в горных выработках глубокого заложения и характеризуются большими деформациями контура, по скорости протекания могут быть разделены на статические и динамические. С точки зрения влияния их на устойчивость горной выработки, и те, и другие являются признаками неблагоприятных условий эксплуатации подземного объекта, которые проявляются по-разному. Главная опасность динамических процессов заключается в быстротечности их развития и протекания. После реализации динамического процесса породный массив разгружается и переходит в новое равновесное состояние. Статические, или квазистатические, процессы в отличие от динамических развиваются в течение сравнительно длительного периода времени, который измеряется сутками, месяцами и даже годами с достаточной малой скоростью. Одним из наиболее распространенных проявлений таких квазистатических процессов является пучения пород почвы горных выработок.

Наиболее физически и математически обоснованной является бифуркационная теория пучения горных пород, рассматривающая это явление как потерю упругопластической устойчивости приконтурного породного массива, ослабленного выработкой [1, 2]. Применительно к этой теории предложен критерий оценки устойчивости в виде:

$$\bar{\varepsilon}_V r_L^{*2} \ln^2 r_L^* - 2 = 0. \quad (1)$$

Здесь $\bar{\varepsilon}_V$ - средняя величина относительного объемного разрыхления пород; r_L^* - критический радиус зоны неупругих деформаций, отнесенный к радиусу выработки, соответствует глубине, с которой начинается вспучивание почвы в выработке. Приведенный выше критерий (1) позволяет определить возможность возникновения бифуркации энергетического состояния геомеханической системы, что соответствует началу возмущенного процесса потери ее устойчивости. Кроме того, он основан на оценке размеров зоны неупругих деформаций r_L , получение достоверных значений которых связано со значительными трудностями. В таких условиях основным инструментом исследований становятся натурные измерения и моделирование с применением физических и численных моделей

В дальнейшем для моделирования геомеханических процессов, протекающих в окрестности выработок на различных стадиях ведения горных работ, а также для оценки эффективности различных средств и мероприятий по обеспечению их устойчивости, используется программный комплекс "Phase2" лаборатории геомеханики Rocscience. Программа базируется на использовании метода конечных элементов (МКЭ). Возможности программы позволяют учитывать в расчете упругопластические свойства вмещающих пород, что, помимо прочего, позволяет моделировать постадийное раскрытие выработок в неупругой среде, учитывая на каждой последующей стадии в качестве начальных те деформации, которые

реализованы на предыдущей стадии формирования напряженно-деформированного состояния (НДС) [3, 4].

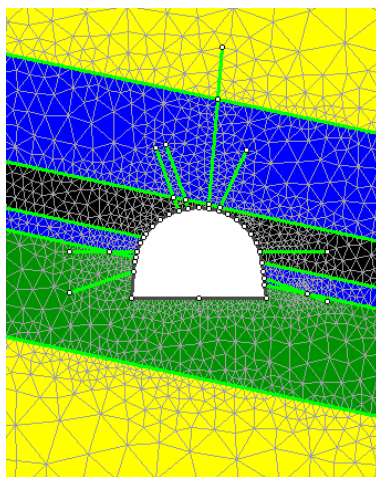
Рассмотрим моделирование геомеханической системы «выработка-массив» для условий поддержания нижнего сопряжения 18-й северной лавы пл. 1/1. ОП «Шахта 1/3 «Новгородовская» ГП «Селидовуголь» постадийным методом. Моделируется арочное сечение одиночной выработки в упруго-пластической постановке. Для условий поставленной задачи начальное поле напряжений, создаваемое весом вышележащих пород для заданной глубины, составляет: $\sigma_y = \gamma H$. Здесь $\gamma = 25 \text{ кН/м}^3$ – объемный вес пород, H – глубина разработки, принятая равной 780 м.

На рис. 1 приведена конечно-элементная модель одиночной выработки с предварительно введенными в расчетную схему структурными элементами, моделирующими анкера. Учитывая, что зона неупругих деформаций вокруг раскрытой в массиве выработки формируется практически мгновенно, развиваясь в последствии в части разрыхления и реализации смещений контура выработки, фактически крепь ставится в выработке в условиях уже реализовавшихся начальных смещений. Они, хотя и невелики, указывают на изменившееся начальное НДС массива в окрестности выработки, что должно быть учтено в построении численной модели.

Для того, чтобы рассчитать, на какой стадии следует «поставить» крепь, воспользуемся формулой [5], введя в нее параметр k – коэффициент влияния забоя:

$$r_L = \exp\left(\sqrt{\frac{k\gamma H}{2R_c k_c}} - 0,5\right), \quad (3)$$

где R_c – предел прочности на одноосное сжатие, МПа; k_c – коэффициент структурного ослабления пород; r_L – радиус зоны неупругих деформаций.



а) б)
Рисунок 1 – Численная модель одиночной выработки.

Откуда:

$$k = \frac{2R_c k_c}{\gamma H} (\ln r_L^2 + 0,5)^2 \quad (4)$$

Исходя из (4), в рассмотренных условиях для соблюдения соответствия условий модели фактическому технологическому регламенту крепления, крепь следует устанавливать на 5 стадии расчета.

Для данной модели будем считать, что анкера устанавливаются одновременно с крепью. На рис. 2 представлена конечно-элементная модель одиночной выработки с

учетом рамной крепи, установленной на 5 этапе согласно алгоритму, описанному выше.

Для того, чтобы обосновать параметры анкерных систем, рациональные в конкретных горно-геологических условиях, выполним численное моделирование с целью установления влияния различных вариантов установки анкеров на НДС геомеханической системы «крепь-выработка-массив». Все задачи (модели) разбивались на две группы: в задачах первой группы анкера устанавливались по часовой стрелке с постепенным их вводом в расчет, а в задачах второй группы – против часовой стрелки. Порядок введения анкеров в модели приведен в таблице 1, схема расположения анкеров по контуру выработки в рассматриваемой группе задач представлена на рис. 3.

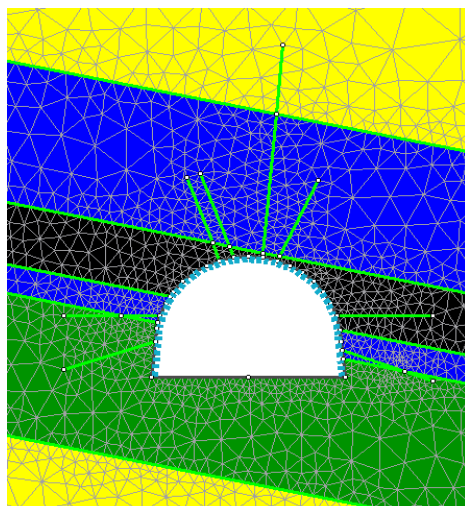


Рисунок 2 – Численная модель одиночной выработки с рамной крепью

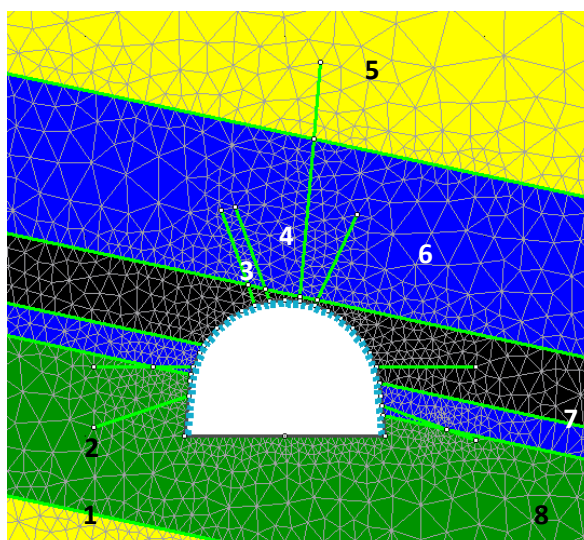


Рисунок 3 – Схема расположения анкеров по контуру выработки в рассматриваемой группе задач: 5 – канатный анкер длиной 6 м; 1-4, 7-8 – стальные анкера из арматурного железа длиной 2.5 м; 6 – спаренный стальной анкер длиной 6 м.

Итоговые результаты сравнения величины смещений в контрольных точках, находящихся в почве выработки по ее вертикальной оси, приведены на рис. 4.

Таблица 1 – Параметры численных задач, учитывающих анкера

Номер задачи	Кол-во анкеров	Номер анкера в задачах:	
		группы I	группы II
Задача 1	1 анкер	№5	№5
Задача 2	2 анкера	№5 и 6	№4 и 5
Задача 3	3 анкера	№4-6	№3-5
Задача 4	4 анкера	№3-6	№3-6
Задача 5	5 анкеров	№3-7	№2-6
Задача 6	6 анкеров	№ 2-7	№ 2-7
Задача 7	7 анкеров	№2-8	№1-7
Задача 8	8 анкеров	№1-8	№1-8

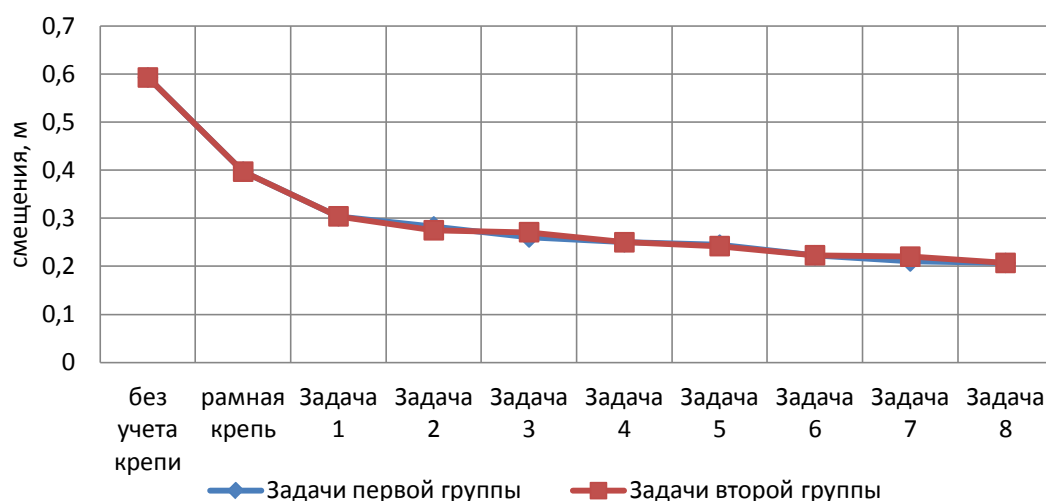


Рисунок 4 – График смещений в почве выработки в зависимости от количества анкеров

Из рис. 4 видно, что использование в численной модели рамной крепи позволило снизить пучение почвы с 0,593 м до 0,397 м, (т.е., на 33%). Однако, этого недостаточно для эффективной эксплуатации выработки, так как смещения все равно превышают предел, когда эксплуатация выработки происходит без заметных затруднений, поэтому было принято решение дополнительно устанавливать анкера.

Кроме того, можно сделать вывод, что порядок установки анкеров незначительно влияет на величину смещений, имеющих место на контуре выработки, при условии, что анкера устанавливаются в непосредственной близости к проходческому забою.

Выводы:

1) Выполнено численное моделирование системы «выработка-крепь-массив» для условий поддержания нижнего сопряжения 18-й северной лавы пл. l_1 . ОП «Шахта 1/3 «Новгородовская» ГП «Селидовуголь» методом постадийного решения.

2) Определен коэффициент влияния забоя для данных горно-геологических условий, что позволило установить стадию выполнения численной процедуры решения задачи, на которой необходимо «устанавливать» крепь.

3) Анализ результатов численного моделирования одиночной выработки с учетом рамной крепи и без учета крепи показал, что использование рамной крепи в численной модели позволяет снизить смещения в почве выработки на 33%.

4) Установка одного канатного анкера в кровле выработки позволила уменьшить величину пучения в почве выработки на 23,4% по сравнению с использованием только

рамной крепи. Посредством установки рамной крепи и 8 анкеров для условий шахты ОП «Шахта 1/3 «Новгородовская» удалось уменьшить пучение почвы с 0,593 м до 0,207 м, что составляет 65%.

Библиографический список

1. Шашенко А.Н. Некоторые задачи статистической геомеханики / А.Н. Шашенко, С.Б. Тулуб, Е.А. Сдвижкова. – К.: Універ. вид-во “Пульсари”, 2002. – 304 с.
2. Шашенко А.Н. Деформируемость и прочность массивов горных пород: Монография / А.Н. Шашенко, Е.А. Сдвижкова, С.Н. Гапеев. – Днепропетровск: НГУ, 2008. – 224 с.
3. Hoek E. (2002). *Practical Rock Engineering*. London: Institution of Mining and Metallurgy. p. 325.
4. Hoek, E., Carranza-Torres, C. and Corkum, B.(2002), “Hoek-Brown criterion”, Proc. NARMS-TAC Conference, Toronto, Vol. 1, pp. 267–273.
5. Шашенко А.Н. Механика горных пород: Учебник для вузов / А.Н. Шашенко, В.П. Пустовойтенко. – К.: Новий друк, 2003.– 400 с.

УДК 622.232.3[531.6]

В. Г. Городецький, к.фіз.-мат.н., доц., Л. К. Лістовицук, к.т.н., доц. (НТУУ «КПІ»)

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГІДРОМОЛОТКА ДЛЯ РУЙНУВАННЯ ГІРСЬКОГО МАСИВУ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗВОРОТНОЇ ЗАДАЧІ ТЕОРІЇ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ

Пропонується метод визначення параметрів гідравлічної системи на основі даних про зміну у часі величин, які характеризують стан системи. Для знаходження невідомих параметрів пропонується розв'язати зворотну задачу теорії диференціальних рівнянь.

Предлагается метод определения параметров гидравлической системы на основе данных об изменении во времени величин, характеризующих состояние системы. Для нахождения неизвестных параметров предлагается решить обратную задачу теории дифференциальных уравнений.

The paper proposes a method for measuring the hydraulic system parameters on the basis of data on time changes of the quantities characterizing the state of the system. To solve this problem, a mathematical model of an object as a system of ordinary differential equations is built. We consider the case where part of the model parameters is unknown. To find them, it is proposed to solve the inverse problem of the theory of differential equations.

Ефективне проектування гідравлічних імпульсних систем неможливе без їх попереднього моделювання. На якість моделі суттєво впливають кількісні значення параметрів їх елементів. Зазвичай ці величини обираються на основі даних з довідників, але реальні значення параметрів можуть суттєво відрізнитися від довідкових [1]. Якщо мова йде про гідравлічні системи, цей розкид параметрів може бути зумовлений їх залежністю від умов експлуатації, температурних режимів, можливими домішками, тощо. Більш точно визначення параметрів можливе на основі проведення спеціальних досліджень або експериментів. Але якщо зміна параметрів відбувається в процесі експлуатації системи, такі дослідження вимагають зупинки

обладнання. Тому бажано мати можливість відслідковувати стан системи в процесі її функціонування, без її вилучення з виробничого процесу, особливо без її демонтажу. Таке дослідження можливе, якщо відома структура моделі, але невідомими залишаються значення частини параметрів.

Сутність вищенаведеного підходу розглянемо на прикладі гідромолотка для руйнування гірського масиву, для якого може бути створена математична модель у вигляді системи звичайних диференціальних рівнянь [2].

Одним з основних параметрів, які впливають на роботу гідроударного механізму гідромолотка, є сила тертя робочої рідини по стінкам камер і трубопроводів, та тертя поршня і бойка по внутрішній частині корпусу. Враховуючи режим роботи гідромолотка і польові умови роботи, температура робочої рідини може коливатись в значних межах, що впливає на в'язкість і, наприклад, для масла АМГ-10 зміна температури від -10°C до 70°C приводить до зміни коефіцієнта кінематичної в'язкості ν від 80 до 8 сСт [3]. В свою чергу, зменшення кінематичної в'язкості збільшує опір руху в парі тертя «метал-метал», та ще більше підвищує температуру в зоні контакту поршня та гільзи.

У виробничих умовах в процесі експлуатації гідроударних пристроїв, не всі необхідні параметри доступні для визначення. Тому актуальною є створення методик визначення певних параметрів системи саме в процесі її функціонування.

Пропонується для визначення параметрів гідромолотка використати розв'язання так званої зворотної задачі – inverse problem [4]. Для цього можна використати експериментальні залежності будь яких змінних, які характеризують еволюцію стану об'єкту у часі.

Для визначення параметрів об'єкту у випадку дослідження гідромолотка може бути достатньо дослідити одну з фаз руху бойка. Наприклад, нехай це буде фаза зведення, в якій бойок зводиться з розгоном під дією сили тиску, яка виникає при підключенні поршня по відкритій гідравлічній схемі [2].

Для ілюстрації запропонованої методики приймемо, що невідомими параметрами або такими, що можуть змінюватись в залежності від умов та терміну експлуатації, є коефіцієнт в'язкого тертя k_T та коефіцієнт тертя фторопласта по металу f_{ϕ} . Інші сталі величини, вважаємо відомими та практично незмінними в процесі експлуатації.

З урахуванням перетворень і підстановок, загальний вид рівняння руху ударних мас має наступний вигляд:

$$\ddot{x} = a_0 + a_f f_{\phi} + bx + c_1 k_T \dot{x} + d\dot{x}^2 \quad (1)$$

Диференціальне рівняння (1) розв'язане методом Рунге-Кутта 4-го порядку на інтервалі часу 0,5 с з кроком $0,5 \cdot 10^{-3} \tilde{h}$. Замість всіх сталих підставлено відомі значення, зокрема було прийнято $k_T=0,15$ та $f_{\phi}=0,07$. На рис. 1 наведені криві зміни у часі величин переміщення x та швидкості $v = \dot{x}$ бойка. Для розв'язання зворотної задачі на наведених графіках обираються по дві точки, які відповідають двом довільним моментам часу – t_1 та t_2 . Для цих моментів часу за отриманими даними визначаються значення x , \dot{x} , \ddot{x} , які фігурують у рівнянні (1).

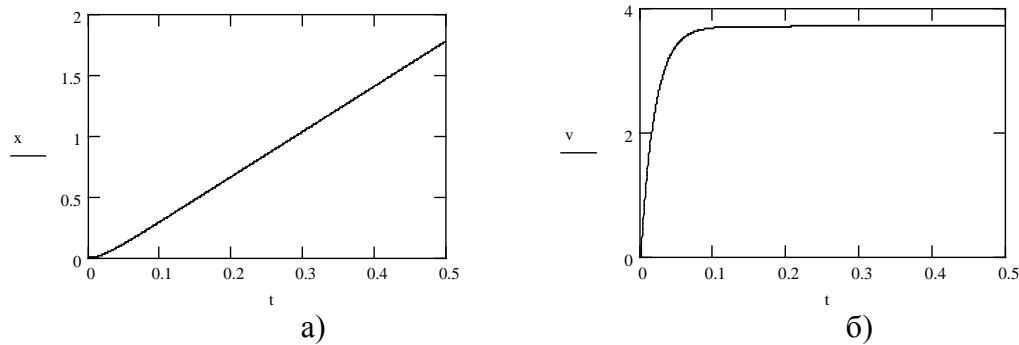


Рис. 1

Для знаходження невідомих утворено з диференційного рівняння (1) систему з двох алгебраїчних рівнянь, які відповідають двом обраним моментам часу.

$$\begin{cases} \ddot{x}(t_1) = a_0 + a_f f_\delta + bx(t_1) + c_1 k_T \dot{x}(t_1) + (d\dot{x}(t_1))^2, \\ \ddot{x}(t_2) = a_0 + a_f f_\delta + bx(t_2) + c_1 k_T \dot{x}(t_2) + (d\dot{x}(t_2))^2. \end{cases}$$

Розв'язок цієї системи дає значення шуканих параметрів $k_T = 0,149733$ та $f_\phi = 0,069081$. Розходження отриманих значень в порівнянні із реальними [2] незначне і цілком прийнятне для інженерних розрахунків.

Отримані результати показують дієвість запропонованого методу. Також його перевагами є висока точність, можливість вимірювання невідомих параметрів без зупинки виробничого процесу. Для визначення n невідомих параметрів потрібно скласти систему з n алгебраїчних рівнянь. Тобто для розв'язку зворотної задачі на кривих, які характеризують динаміку процесу, треба розглянути точки, які відповідають n моментам часу.

Бібліографічний список

1. Тарасик В. П. Математическое моделирование технических систем / Тарасик В. П. – Мн.: Дизайн ПРО, 2004. – 640 с.
2. Лістовщик Л.К. Обґрунтування параметрів двобойкового гідромолотка для руйнування гірських порід / Л.К. Лістовщик // Вісник Криворізького технічного університету: Збірник наукових праць. – 2011. – Вип. 27. – С. 255 – 258.
3. Башта Т. М. Машиностроительная гидравлика / Башта Т. М. – М.: Машиностроение, 1971. – 672 с
4. Press W. H., Teukolsky S. A., Vetterling W. T., Flannery B. P. (2007). "Section 19.4. Inverse Problems and the Use of A Priori Information". *Numerical Recipes: The Art of Scientific Computing* (3rd ed.). New York: Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-88068-8.

Янкин А.Е., соискатель, каф. СГМ, Государственный ВУЗ «НГУ», г. Днепропетровск

ОЦЕНКА ОТКЛОНЕНИЙ ТОЛЩИНЫ КРЕПИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ СТВолов ОТ ПРОЕКТНЫХ РАЗМЕРОВ

Выполнена обработка результатов измерений отклонений контура шахтных стволов от проектной величины. Установлено, что толщина бетонной крепи обладает изменчивостью, обусловленной характером величины переборов при сооружении ствола. Установлены зависимости средней величины переборов и их относительная вариация от крепости пород.

The results of measurements of deviations shafts circuit from the design value processed. Found that the thickness of the concrete support has a variation due to the nature of magnitude of searches in the construction of the shaft. The dependences of the average value of searches and their relative variation of rock strength.

Введение. Стратегией развития угольной промышленности Украины до 2030 г. намечено дальнейшее повышение добычи угля. Для достижения поставленных целей в Стратегии развития отрасли предусмотрены этапы, включающие реформирование угольной отрасли, активную модернизацию шахт и стабильный рост отрасли [1].

Реализация предстоящих планов базируется на использовании существующих запасов шахт путем увеличения площадей шахтных полей, подготовки новых, более глубоких горизонтов, вовлечения в отработку законсервированных запасов, или тех, которые ранее считались экономически невыгодными. Одновременно происходит интенсификация очистных и горнопроходческих работ за счет применения более производительных механизированных комплексов, внедрения струговой выемки угля, конвейерного транспорта, более мощных проходческих комбайнов, совершенствования организации труда и др. Это требует большого объема работ по сооружению комплекса подземных выработок и не только подготовительных, но и вскрывающих, в том числе и вертикальных стволов.

Состояние вопроса проектирования параметров крепи. Эффективность и безопасность функционирования угольных шахт во многом зависят от состояния вертикальных шахтных стволов в течение необходимого срока их службы. В соответствии с СНиП [2] вертикальные стволы, пройденные в породах I и II категорий устойчивости, рекомендуется крепить монолитной бетонной крепью. Основным параметром, определяющим несущую способность крепи, является ее толщина. Расчет крепи выполняется на основе известной формулы Ляме с поправочными коэффициентами:

$$b = m_y r_0 \left(\sqrt{\frac{m_{\sigma_1} m_{\sigma_3} m_{\sigma_7} R_{np}}{m_{\sigma_1} m_{\sigma_3} m_{\sigma_7} R_{np} - 2k_p P}} - 1 \right) - \delta_{np},$$

где r_0 – радиус вертикальной выработки в свету, мм; R_{np} – расчетное сопротивление бетона сжатию, кПа; P – горизонтальное давление, кПа; δ_{np} – толщина породобетонной оболочки, образующейся за счет проникновения бетона в окружающие нарушенные породы, мм, $m_y, m_{\sigma_1}, m_{\sigma_3}, m_{\sigma_7}, k_p$ – коэффициенты, учитывающие специфику горно-геологических условий и особенности эксплуатации, которые не могут быть непосредственно смоделированы в расчетной схеме.

Несмотря на то, что эти коэффициенты определены на основе многочисленных экспериментов, многолетних наблюдений и опыта эксплуатации объектов, они все же несут известную степень неопределенности, отражая статистическую природу

сложного объекта – толстостенной бетонной конструкции, взаимодействующей с неоднородным по своей структуре породным массивом. Поскольку каждый из коэффициентов определен с той или иной вероятностью, результирующая величина – толщина крепи – определена также с соответствующей вероятностью, причем тем меньшей, чем большее число коэффициентов введено в расчет.

Поэтому в практике проектирования толщину крепи принимают, как правило, с некоторым запасом в расчете на неучтенные случайные факторы. Тем не менее, обследование состояния вертикальных стволов, предпринятое рядом исследователей, показало, что спроектированная таким образом крепь далеко не всегда сохраняет работоспособность в течение предусмотренного проектом срока службы, разрушаясь с течением времени на участках различной длины, даже вне зоны влияния сопряжения.

Исчерпание несущей способности крепи связывают с существенной неравномерностью нагрузки на крепь, подтвержденной многочисленными экспериментальными данными [3]. Одним из факторов, влияющих на неравномерность нагрузки на крепь ствола, является отклонение контура крепи от проектного.

Статистические данные, собранные на ряде шахт Донбасса, показали, что, во-первых, при проведении выработок буровзрывным способом площадь сечения выработки и общая форма проектного контура не выдерживаются, сечение выработки всегда несколько больше запроектированного. При возведении крепи, как правило, происходит искажение общего очертания проектного контура. Во-вторых, вместо гладких поверхностей, которые предполагаются в проекте, фактически образуется неровная поверхность со сложным рельефом [4, 5] (рис. 1). Эти неровности усугубляются с течением времени под влиянием коррозии. В результате монолитная бетонная крепь в горизонтальном сечении представляет собой конструкцию неправильной формы с переменной жесткостью (рис. 2).

Кроме того, жесткость крепи меняется и по длине ствола, поскольку от сечения к сечению выработки меняется величина переборов, толщина заполнителя закрепного пространства и его плотности. Очевидно, что напряженно-деформированное состояние элементов такой

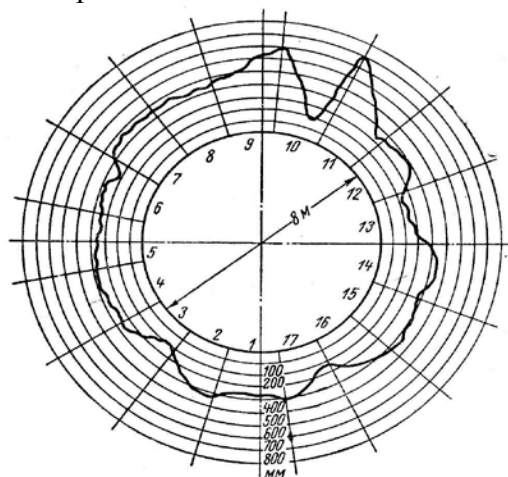


Рис. 1. Контур сечения шахтного ствола по данным ВНИМИ [5]

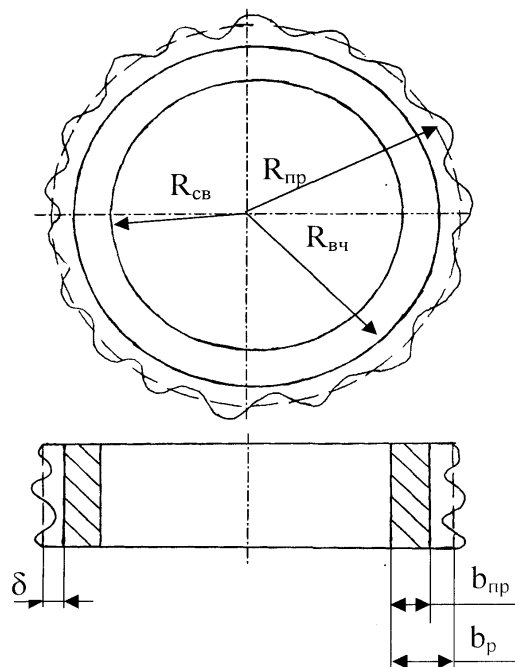


Рис. 2. Продольный и поперечный разрезы участка ствола: $R_{св}$ – радиус ствола в свету; $R_{вч}$ – радиус ствола в черне; $R_{пр}$ – радиус ствола в проходке; $b_{пр}$ – проектная толщина крепи; b_p – реальная толщина крепи; δ – отклонение реальной толщины крепи от проектной, $\delta = b_p - b_{пр}$

конструкции тоже носит неравномерный случайный характер, который так или иначе, должен быть учтен в расчетах.

Постановка задачи. Первым шагом на пути описания изменчивости толщины крепи является выявление статистических характеристик величины переборов, допускаемых при возведении крепи, и их связи с технологическими или горно-геологическими факторами.

Установление зависимостей статистических характеристик величины переборов при возведении крепи от основных влияющих факторов.

Задача сводится к анализу результатов измерений отклонений реальной толщины крепи вертикальных шахтных стволов от проекта. Данные собраны по 20 стволам различных шахт Донбасса (табл.1).

Замеры радиусов выработок выполнялись через 8...9 м. В каждом сечении измерение толщины крепи производились в 16 точках.

Данные систематизированы путем построения интервальных рядов, параметры которых даны в табл. 2, и соответствующих гистограмм частот (рис. 3).

Таблица 1

Характеристики вертикальных шахтных стволов

№ п\п	Название шахты	Назначение ствола	Диаметр в свету, м	Глубина, м	Угол падения пород, град	Проектная толщина крепи, мм
1	Белозерская	Главный №4	7,0	608,5	10	400
2	Глубокая	Вентиляционный №1	4,5	646	7	400
3	Глубокая	Вентиляционный №2	5,5	1024	23	400
4	Заря	Вентиляционный №2	6,5	834	7	400
5	Им. А.Г. Стаханова	Воздухоподающий №4	7,0	1280	8	400
6	Им. А.Г. Стаханова	Вентиляционный №5	7,0	1290	9	450
7	Им. А.Г. Стаханова	Вентиляционный №7	7,0	1285	8	500
8	Им. А.Г. Стаханова	Вентиляционный №8	7,0	1277	8	500
9	Им. А.Ф. Засядько	Воздухоподающий	6,0	1050	10	400
10	Им. А.Ф. Засядько	Вентиляционный	6,0	1085	11	400
11	Им. Поченкова	Воздухоподающий	7,0	1401	12	400
12	Комсомолец Донбасса	Вентиляционный №3	6,0	811	12	400
13	Им. Челюскинцев 1	Воздухоподающий	5,0	887,6	10	300
14	Октябрьский рудник	Воздухоподающий	8,0	984	9	500
15	Октябрьский рудник	Вентиляционный	5,5	748	12	400
16	Россыпнянская 2	Клетевой	8,0	742	8	350
17	Ново-Бутовка	Воздухоподающий	6,5	833,4	8	400
18	№21 «бис»	Воздухоподающий	7,0	1030	10	400
19	Бутовка-Донецкая	Скиповой	7,0	1255	13	400
20	Им. Е.Т. Абакумова	Вентиляционный №1	5,5	555	5	400

Таблица 2

№ п/п	Границы интервала, $\delta_{i-1} - \delta_i$, м	Середина интервала, $\delta_{\text{ср}}$ м
1	0 - 0,010	0,005
2	0,010 - 0,020	0,010
3	0,020 - 0,030	0,025
4	0,030 - 0,040	0,035
5	0,040 - 0,050	0,045
6	0,050 - 0,060	0,055
7	0,060 - 0,070	0,065

При расчетах числовых характеристик полученных статистических распределений была отмечена следующая закономерность: средняя величина переборов коррелирует с крепостью пересекаемых пород (табл. 3).

По мере увеличения коэффициента крепости пород f (по шкале М.М. Протодяконова) растет средняя выборочная величина переборов δ .

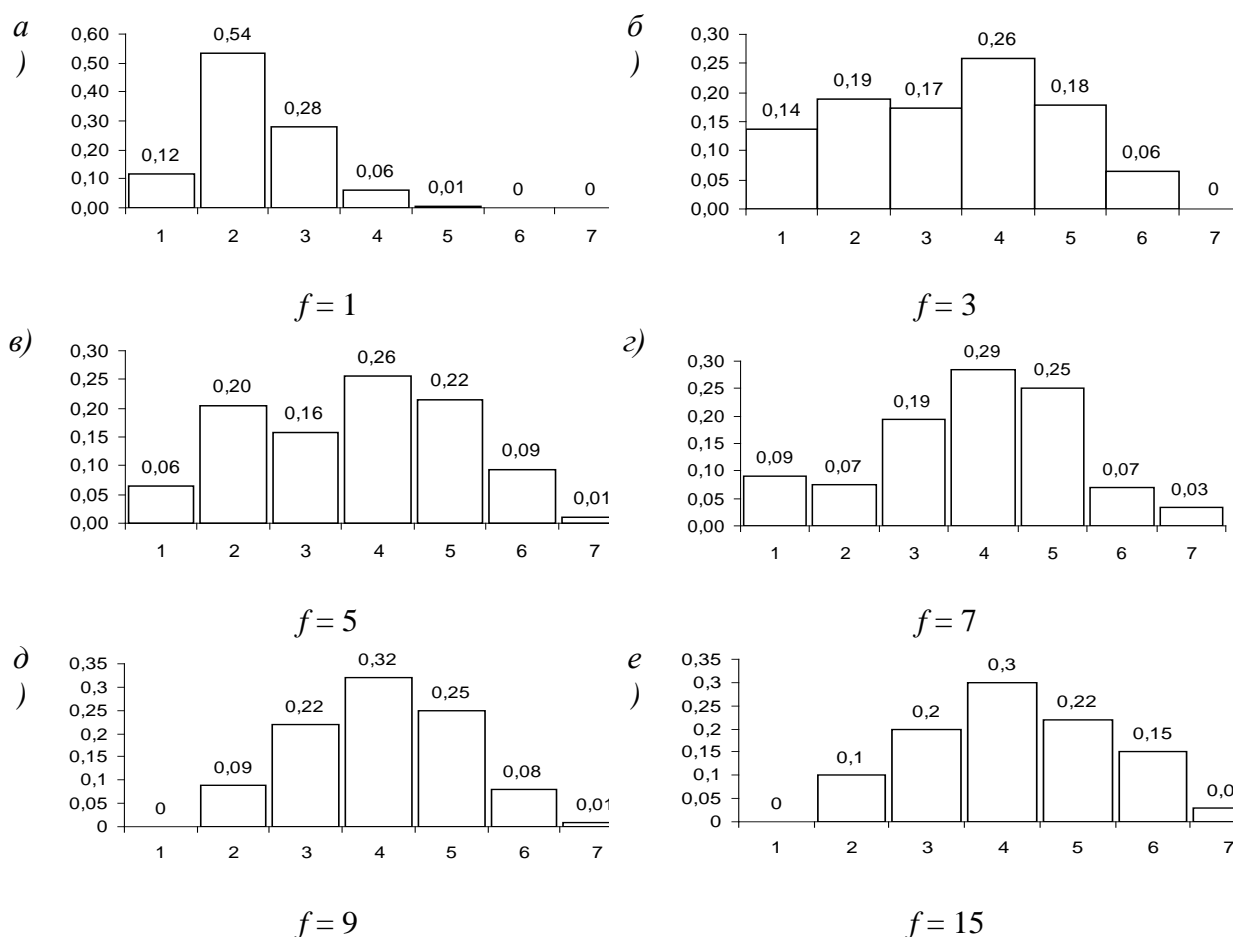


Рис. 3. Гистограммы отклонений бетонной крепи стволов в зависимости от крепости пород

Выявлен логарифмический характер связи (рис. 3), получена зависимость вида:

$$\delta = 0,11 \ln f + 0,17,$$

с коэффициентом корреляции 0,90.

Для более крепких пород отмечена и большая изменчивость величины переборов, а, следовательно, и толщины крепи. Об этом говорит рост относительной вариации величины $\eta_{пероб}$ с увеличением коэффициента крепости (рис. 4) от значения $\eta_{пероб} = 0,09$ м для слабых пород ($f = 2$) до значения $\eta_{пероб} = 0,3$ м для крепких пород ($f = 15$).

Зависимость имеет экспоненциальный характер:

$$\eta_{пероб} = 0,06e^{0,11f},$$

с коэффициентом корреляции 0,86.

На основании вычисленных данных построены графики представленные на рис. 4 и 5.

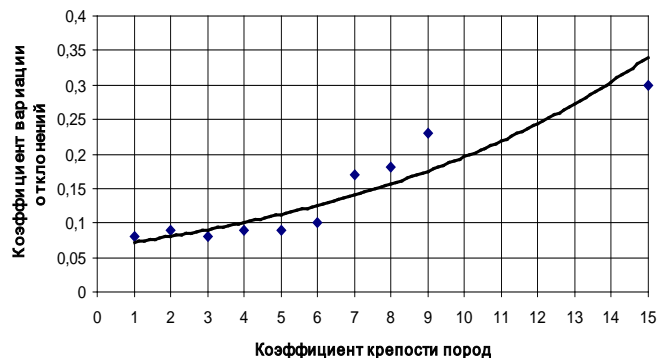
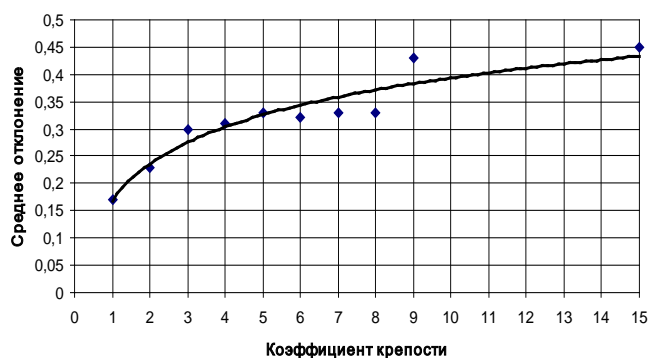


Рис. 4. Зависимость среднего отклонения толщины крепи от крепости пород

Рис. 5. Зависимость коэффициента вариации толщины крепи от крепости пород

Обобщая полученные данные, были определены статистические характеристики отклонений реальной толщины крепи от проектной в зависимости от крепости пересекаемых пород, которые представлены в табл. 3.

Таблица 3

Статистические характеристики отклонений толщины крепи

№ п/п	Крепость пород	Среднее значение отклонений m_{cp}, M	Стандарт, m^2, M^2	Коэффициент вариации, η	Показатель асимметрии, β_1	Коэффициент эксцесса, β_2	Количество замеров, n
1	$f = 1$	0,17	0,01	0,08	0,13	3,39	272
2	$f = 2$	0,23	0,03	0,09	0,01	2,42	416
3	$f = 3$	0,30	0,02	0,08	0	1,98	272
4	$f = 4$	0,31	0,03	0,09	0	1,98	304
5	$f = 5$	0,33	0,03	0,09	0,09	2,14	176
6	$f = 6$	0,32	0,03	0,10	0,02	2,50	176
7	$f = 7$	0,33	0,06	0,17	0,01	2,72	176
8	$f = 8$	0,33	0,06	0,18	0,03	2,25	224
9	$f = 9$	0,43	0,09	0,23	0,39	2,66	128
10	$f = 15$	0,45	0,08	0,30	0,37	2,62	128

Выводы. На основании обработки результатов измерений отклонений контура шахтных стволов от проектного, уставлено, что толщина бетонной крепи обладает изменчивостью, обусловленной характером величины переборов при сооружении крепи. Средняя величина переборов и их относительная вариация возрастают с увеличением крепости пород, что может быть приближенно описано зависимостью, близкой к логарифмической.

Выполненные исследования являются первым шагом к решению задачи о несущей способности крепи ствола с учетом ее переменной толщины и неравномерности нагружения, обусловленной как закономерными, так и случайными факторами.

Библиографический список

1. Попович И.Н. Состояние и перспективы развития угольной промышленности Украины // Уголь Украины. – 2013. – № 10. – С. 3-6.
2. СНИП II-94-80. Подземные горные выработки. Нормы проектирования. – М.: Стройиздат, 1982. – 272 с.
3. Левит В.В. Результаты диагностики состояния вертикальных стволов методом электрометрии // Уголь Украины. – 1997. – №6. – С. 50-53.
4. Левит В.В. Геомеханічні основи розробки і вибору комбінованих способів кріплення вертикальних стволів у структурно неоднорідних породах: Автореф. дис... д-ра. техн. наук: 05.15.04: Дніпропетровськ, 1999. – 36 с.
5. Шейнин В.И., Руппенеит К.В. Некоторые статистические задачи расчета подземных сооружений. – М.: Недра, 1969. – 152 с.

УДК 622.28.044

Шульгин П.Н., к.т.н., Наливайко А.А., студ., Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск, Украина.

КОНСТРУКЦИЯ ПОДАТЛИВОГО АНКЕРА ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Приведен обзор конструкций крепей горных выработок, показаны преимущества анкерной крепи, предложена новая конструкция анкера, работающего в податливом режиме.

Ключевые слова: *крепление, устойчивость, материалоемкость, экономичность, анкер, элемент податливости, адаптация.*

Наведено огляд конструкцій кріплень гірничих виробок, показано переваги анкерного кріплення, запропонована нова конструкція анкера, що працює в податливому режимі, та може використовуватися в різних гірничо-геологічних умовам, завдяки адаптивності до гірничого тиску.

Ключові слова: *кріплення, стійкість, матеріаломісткість, економічність, анкер, елемент податливості, адаптація.*

An overview of designs mining supports, shows the advantages of roof bolting, proposed a new design anchors working in the compliant mode, and can be used in different geological conditions, thanks to the adaptability of rock pressure.

Keywords: *mining supports, stability, material capacity, economy, anchor, element of compliance, adaptation.*

С развитием горных работ и переходом на более глубокие горизонты протяженность горных выработок увеличивается, а их устойчивость снижается. Это

приводит к снижению темпов проведения горных выработок и увеличению затрат на подготовку новых запасов. В общем цикле проходки на угольных шахтах крепление занимает от 25 до 50% затрат времени и труда, а затраты на проведение, крепление и поддержание горных выработок достигает до 25% себестоимости угля. Одним из основных ограничивающих факторов темпов проведения горных выработок, снижающих производительность труда проходчиков, является процесс крепления горных выработок, который является одним из главных составляющих, определяющих эффективность подземной добычи угля.

В настоящее время основным средством поддержания выработок является крепление, типы и параметры которого должны соответствовать горно-геологическим и горнотехническим условиям разработки месторождения, а так же соответствовать необходимым техническим (прочность, устойчивость, жесткость, податливость), производственным (компактность, пожаростойкость, минимальная трудоемкость при возведении) и экономическим (минимальная стоимость, максимальный срок службы) требованиям [1 - 3].

Основными типами крепления, применяемыми на угольных шахтах, являются стальные рамные крепи. Из-за большого расхода металла такого крепления невозможно создать эффективные средства механизации ее возведения, а высокий коэффициент аэродинамического сопротивления увеличивает расход электроэнергии, ухудшает качество проветривания выработок.

При креплении горных выработок ставится задача постепенной замены металлической арочной крепи на другие, более прогрессивные и экономичные, поддающиеся механизации, с меньшей трудоемкостью, материалоемкостью и стоимостью.

Одним из прогрессивных и экономичных видов крепления является анкерная, которая относится к крепям бесподпорного типа и по сравнению с подпорными конструкциями имеет следующие преимущества:

- повышает безопасность ведения горных работ, так как лучше любой другой крепи противостоит взрывным работам при аварийных ситуациях (газодинамических явлениях, взрывах газа и угольной пыли) и может устанавливаться в забое как временная;
- обладает потенциальными возможностями для полной механизации процесса крепления; требует меньшего расхода крепежных материалов и затрат на их доставку;
- позволяет уменьшить сечение и аэродинамическое сопротивление горной выработки на 18-25 %

Применение анкерной крепи позволяет значительно увеличить скорость и снизить затраты на проведение выработок, сократить расход и уменьшить стоимость крепежных материалов, расходы на ремонт и поддержание горных выработок, улучшить состояние выработок и повысить безопасность работ.

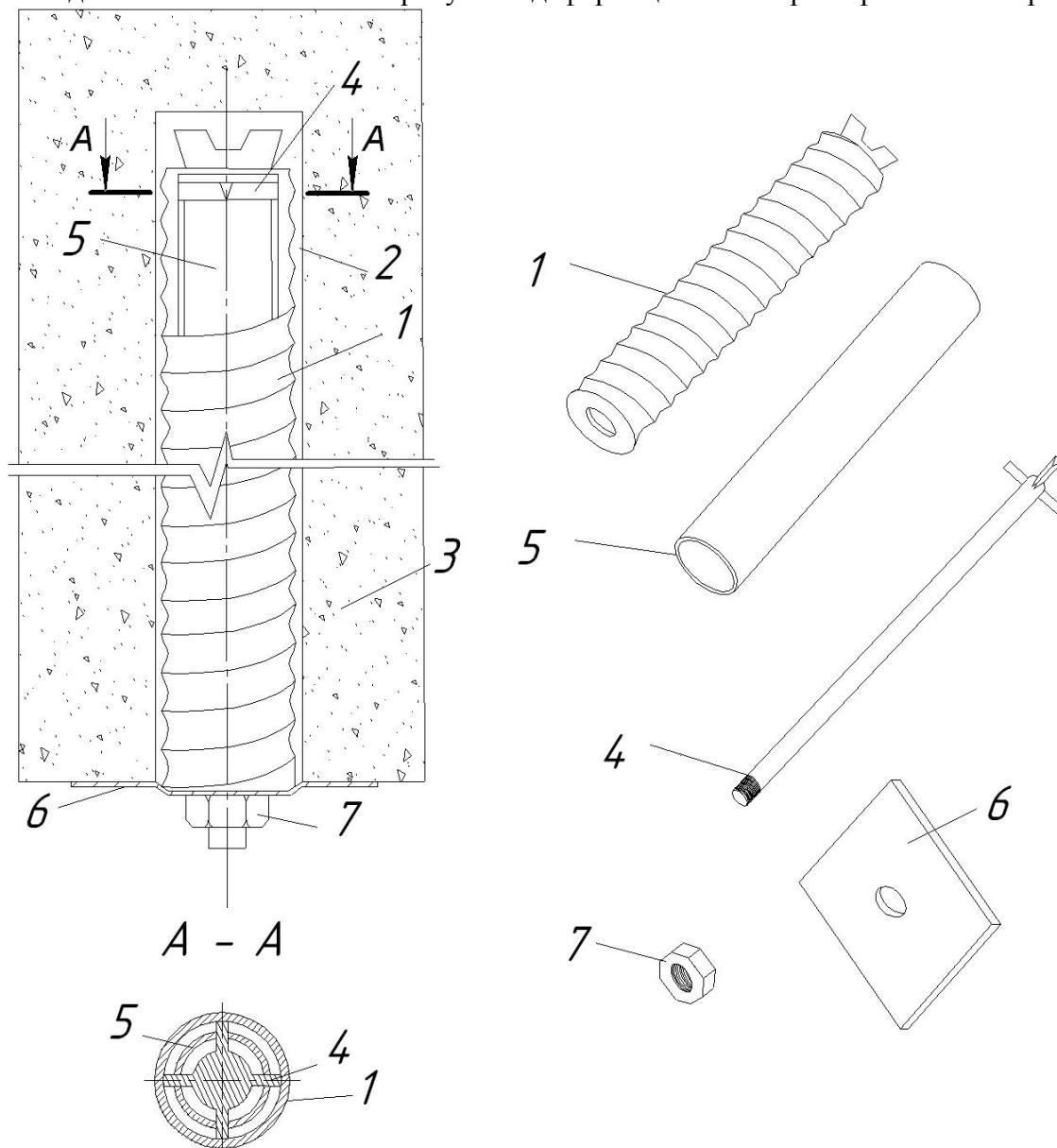
Наиболее прогрессивным видом анкерного крепления является податливая анкерная крепь. В настоящее время разработан ряд конструкций податливой анкерной крепи [4 - 6], которые, несмотря на все свои достоинства, имеют достаточно сложную конструкцию, что повышает их стоимость, и делает невыгодными потребителю.

Оптимальная конструкция податливой анкерной крепи должна иметь максимальную простоту конструкции, быть легко и быстро возводимой, а так же как можно быстрее вступать в работу.

Следовательно, необходимо разработать конструкцию такого анкерного крепления, которая позволит при простоте конструкции и технологии установки работать анкеру в податливом режиме.

Для создания такой конструкции анкерной крепи предлагается разместить податливый элемент внутри основания анкера, благодаря чему после установки крепи в шпур податливая часть не будет выпирать в выработку и податливость будет равна практически всей длине анкера.

Податливое анкерное крепление (рис. 1) состоит из внешнего тела анкера 1 вставленного в шпур 2 и закреплённого в массиве 3 горных пород (например, клеевым составом). В основную часть анкера 1 вставляется штанга 4 с расположенными в верхней части резцами, после чего вставляется отрезок трубы 5. На выступающем из массива 3 конце штанги 4 установлено опорную плитку 6 и натяжную гайку 7. Диаметр трубы 5 определяют в соответствии с требуемыми, для данных условий, податливостью и силовым сопротивлением анкера. Величина сопротивления податливости не должна превышать 70-80% максимальной несущей способности анкера на растяжение. Длина податливого элемента должна соответствовать требуемой деформационной характеристике анкера.



1 - внешнее тело анкера, 2 - шпур, 3 - массив горных пород, 4 - штанга с резцами на верхнем конце, 5 - трубка, 6 - опорная плитка, 7 - гайка натяжения.

Рисунок 1 - Схема податливого анкерного крепления

При достижении предельного горного давления (рисунок 2) элемент податливости вступает в работу, резец на верхнем конце штанги 1 начинает разрезать трубку 2, вставленную во внешнее тело анкера 3. Сопротивление элемента податливости зависит от выбранного диаметра и толщины трубки.

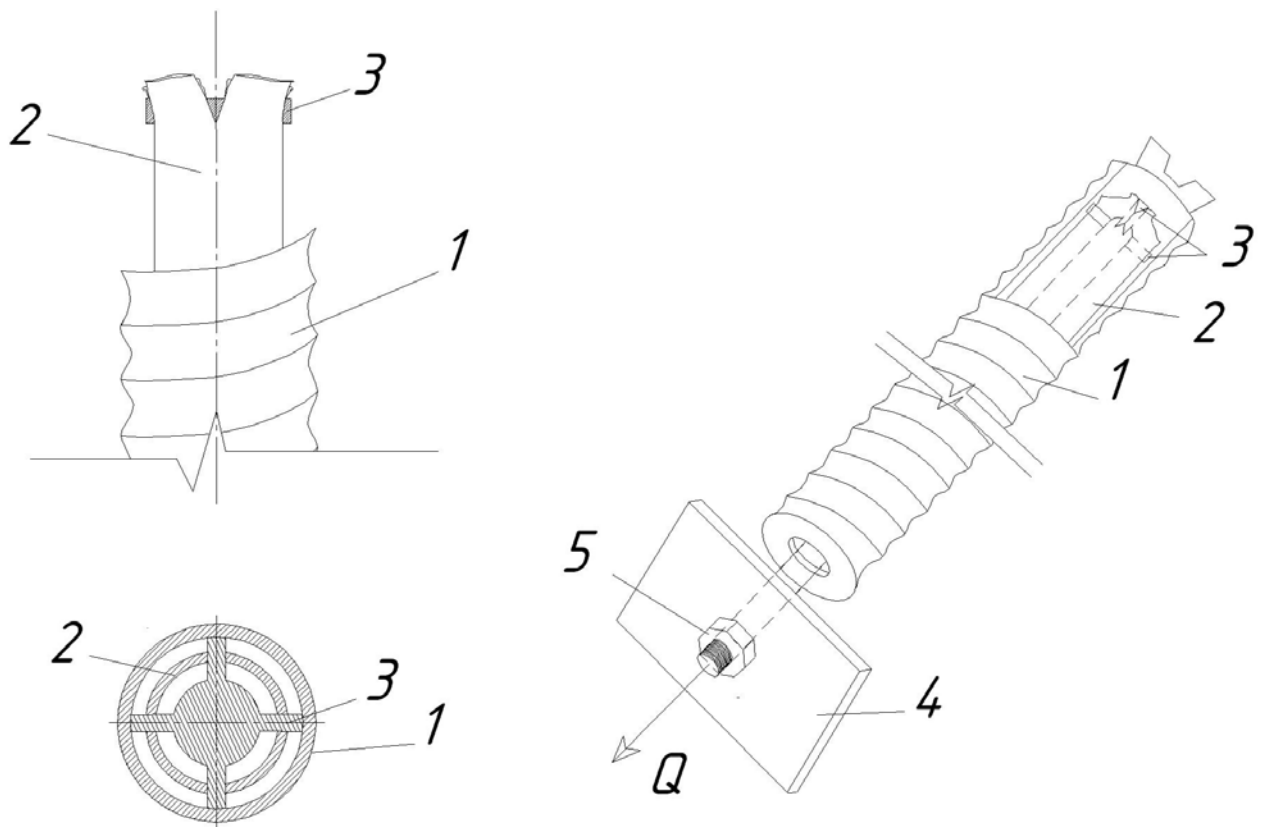


Рисунок 2 – Схема работа элемента податливости

Таким образом, предложенная конструкция податливой анкерной крепи способна работать в условиях любого горного давления, так как является адаптивной, посредством подбора нужного диаметра и толщины стенок трубки. При проектировании данной крепи имеется возможность варьировать величину податливости в зависимости от требуемых условий, при достаточно простой и надежной конструкции, что позволит применять данный анкер в различных горно-геологических и технических условиях.

Библиографический список

1. **Мельников Н.И.** Проведение и крепление горных выработок: учебник для горн. техникумов / Н.И. Мельников. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1988. - 336 с.
2. **Гелескул М.Н.** Справочник по креплению капитальных и подготовительных горных выработок / М.Н. Гелескул, В.Н. Каретников. - М.: Недра, 1982. – 479 с.
3. Анкерная крепь: Справочник / А.П. Широков, В.А. Лидер, М.А. Дзауров и др. - М.: Недра. - 1990. - 205 с.
4. **Булат А. Ф., Виноградов В. В.** Опорно-анкерне кріплення гірничих виробок вугільних шахт / Ін-т геотехнічної механіки НАН України. – Дніпропетровськ, 2002. Рос. мовою. – с. 372.
5. **Пат. 62744** Украина, МПК (2011.01) E21D 21/00. Податливе анкерне кріплення / Г.Г. Литвинський, заявник та патентовласник патентовласник Донбас. держ. техн. ун-т.; заявл. 28.02.2011; опубл. 1.09.2011, Бюл. №17
6. **Пат. 74873** Україна, МПК E21D 20/00. Анкерне піддатливе кріплення/ Бабиюк Г.В., Пунтус В. Ф., Дубіна М. М. (Україна); заявник і патентовласник Донбас. держ. техн. ун-т. - u201205904, заявл. 15.005.2012, опубл. 12.11.2012, Бюл. №21.

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ШАРУВАТОГО НАБРИЗКБЕТОННОГО КРІПЛЕННЯ ГІРНИЧИХ ВИРОБОК

Розглянута задача оцінки ослаблення несучої спроможності набризкбетонного кріплення з урахуванням шаруватості бетонного матеріалу. Проведені лабораторні випробування як суцільних, так і шаруватих бетонних зразків. Визначено відносну величину й зміну в часі ослаблення міцності «шовних» зразків.

Рассмотрена задача оценки ослабления несущей способности набрызгбетонной крепи с учетом слоистости бетонного материала. Проведены лабораторные испытания как сплошных, так и слоистых бетонных образцов. Определена относительная величина ослабления прочности «шовных» образцов и ее изменение во времени.

The problem of estimation of attenuation bearing capacity of concrete lining for within the limits of concrete (for cold joints). Conducted laboratory tests as solid concrete samples with the presence of cold joints. Determined the relative value of weakening the strength "suture" samples.

Актуальність роботи. Бетонне кріплення залишається базовою конструкцією для більшості тунелів, різноманітних міських підземних споруд, капітальних виробок гірничих підприємств, причому суттєве поширення останніми десятиріччями отримує прогресивна технологія набризкбетону [1, 2]. Спорудження набризкбетонного кріплення не потребує опалубки, що значно спрощує організацію будівельних робіт, зменшує їх вартість, прискорює темпи спорудження виробок. Завдяки більшій щільності набризкбетону, несуча спроможність кріплення суттєво перебільшує відповідну монолітну конструкцію. Проте, одним із недоліків набризкбетону є те, що за один технологічний цикл неможливо утворити товщину бетонного покриття більше 5-7 см (далі спостерігається «стікання» бетону), тоді як геомеханічні умови спорудження виробок часто потребують більш потужного кріплення. Це приводить до повторення набризку на вже затужавілий бетон (іноді утворюється кількарізне нашарування). Зазвичай вважалося, що несуча спроможність такого кріплення визначається його товщиною, а впливом зчеплення шарів нехтували. Однак наявність декількох шарів може послаблювати міцність суцільного кріплення. Оцінити ці послаблення є важливим для визначення фактичної несучої спроможності шаруватого бетонного кріплення, та корегування паспортів бетонного кріплення гірничих виробок.

Метою роботи є лабораторні дослідження впливу шаруватості «мокрого» набризкбетону на міцність зразків кріплення і оцінки його несучої спроможності. Розроблена методика передбачала наступне. Для випробування було виготовлено 60 зразків у вигляді бетонних паралелепіпедів 70x70x50 мм (рис. 1). Заповнювачем слугувала дрібна жорстка. Половина зразків утворювалась шляхом заливання бетону в металеві форми заданих розмірів з подальшою витримкою до початку випробувань протягом 1; 2; 3; 7; 14 і 28 днів (по 5 зразків у кожній часовій серії). Виготовлення інших зразків йшло в два етапи – спершу опалубні форми поділяли навпіл перегородкою бетоном заповнювали одну з половинок форми, потім, через 1; 2; 3; 7; 14 і 28 днів бетоном заливали другу половинку форми, попередньо видаливши перегородку й давали тіж самі проміжки часу для витримання бетону (по 5 зразків у кожній часовій серії). Таким чином забезпечувалась можливість порівняння міцності суцільних і шовних зразків, що набирають міцність протягом 1; 2; 3; 7; 14 і 28 днів, що зумовлено різними строками нанесення повторного шару набризку, а також випадком (28 днів) набирання міцності бетоном відповідно до ГОСТ 10180-90 [3].

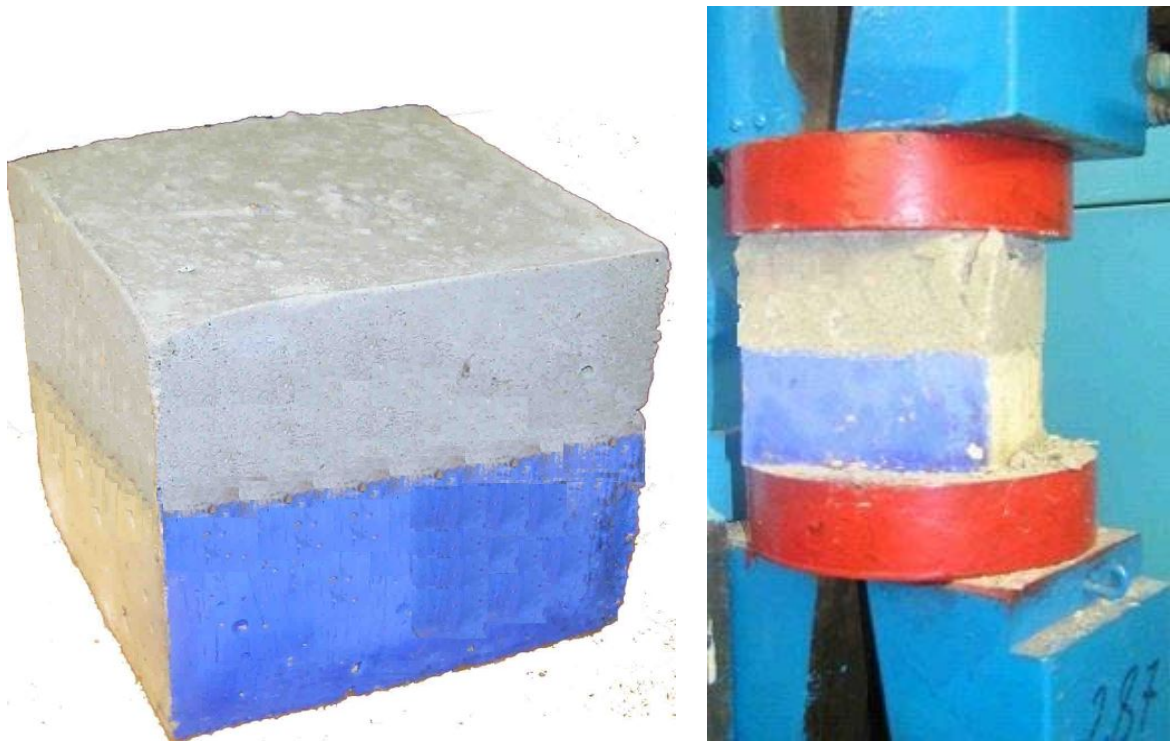


Рис. 1. Вигляд зразків, підготовлених для випробувань

Для випробувань використовували механічний прес ПГМ-500МГ4 (рис. 2). При випробуванні на одноосьове стискання зразки встановлювали однією із завчасно відібраних граней на нижню опорну плиту пресу центрально, відповідно його осі, використовуючи нанесені на плиту риски. Навантаження збільшувалося безперервно з постійною швидкістю $6-2 \text{ Н/см}^2$ за секунду до руйнування (втрати міцності) зразка. Важливою особливістю випробувань було рівномірне розподілене навантаження на поверхню й підшву зразка.

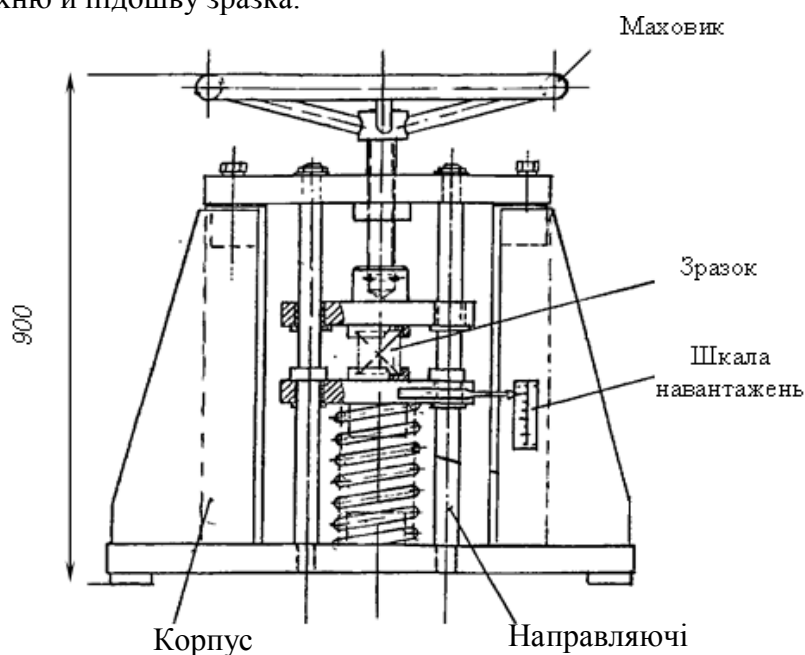


Рис. 2. Схема випробувального пресу ПГМ-500МГ4

Результати випробувань занесені в таблицю 1 і відображені на графіках рис. 3.

Таблиця 1

Результати лабораторних випробувань

Термін, діб	1-ий зразок	2-ий зразок	3-ій зразок	4-ий зразок	5-ий зразок	Сер.знач, МПа	Зменшення міцності зразка з «холодним» швом, %
1	1,3	1,37	1,26	1,3	1,31	1,308	14,22
	1,17	1,23	0,97	1,06	1,18	1,122	
2	4,26	4,21	4,18	4,23	4,28	4,232	20,98
	3,37	3,34	3,27	3,35	3,39	3,344	
3	6,84	6,91	6,78	6,89	6,92	6,868	16,98
	5,68	5,74	5,61	5,72	5,76	5,702	
7	11,01	10,73	11,07	10,84	11,09	10,948	16,2
	9,25	8,98	9,29	9,04	9,31	9,174	
14	16,43	16,21	16,37	16,11	16,29	16,282	11,37
	14,82	14,32	14,41	14,23	14,37	14,43	
28	19,7	19,83	19,89	19,76	19,85	19,806	5,82
	18,64	18,75	18,71	18,39	18,78	18,654	

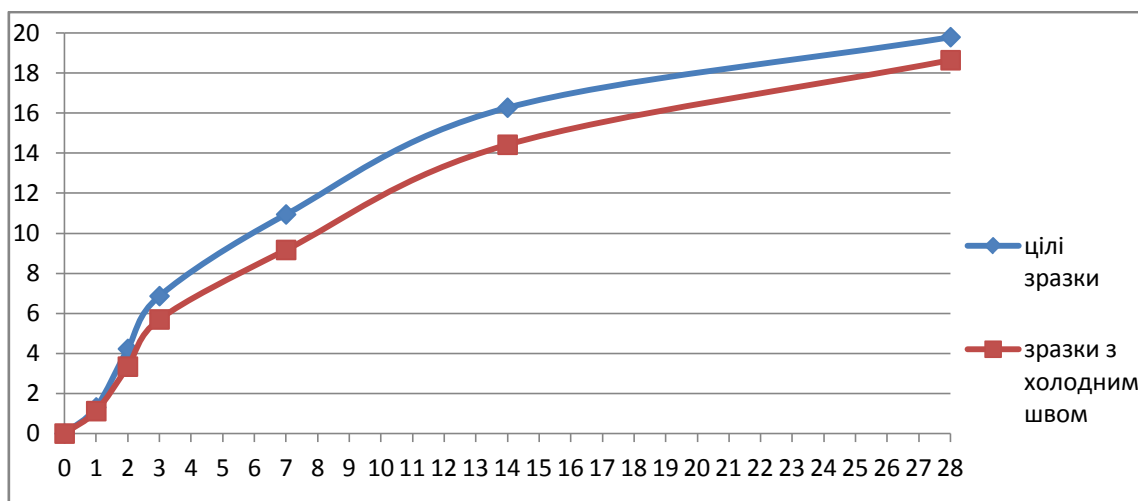


Рис. 3. Графіки зміни міцності суцільного зразка та зразка з холодним швом

Висновки. Результати випробувань свідчать, що наявність шва зменшує міцність зразка протягом першого тижня набирання міцності бетоном на 14 – 21%. Протягом двох тижнів ця різниця зменшується до 11%, а при чотирьох тижнях – до 6%. Таким чином, при повному набранні міцності бетону вплив ослаблення від нашарування буде відносно невеликим (6%), хоча при наявності кількох швів – може суттєво вплинути на несучу здатність сумарного шару набризкбетону й повинен враховуватися при проектуванні кріплення. Слід зазначити, що в умовах гірського масиву, схильного до швидкого руйнування, розвитку зміщень і навантажень на кріплення вже в перші дні після його зведення (наприклад в умовах слабометаморфізованих гірських порід) послаблення кріплення при наявності шва, що складають 21%, є суттєвим фактором зменшення несучої спроможності. Тому в умовах швидкого розвитку зміщень порід і формування проявів

гірського тиску на ранніх стадіях роботи шаруватого набризкбетонного кріплення доцільно відповідним чином підсилити конструкцію анкерами чи додатковим шаром набризку. Koreгування паспорту кріплення здійснюється на базі фактичних даних щодо проявів гірського тиску в конкретних виробках.

Бібліографічний список

1. Корчак А.В. Методология проектирования строительства подземных сооружений. М.: Недра ЛТД, 2001. – 416 с.
2. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М., 1990.
3. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М., 1990.

УДК 504.064

Сергієнко М.І., інж., Гаращук О.М., маг. (ІЕЕ НТУУ КІІ)

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ГІРНИЧОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ФОРМ

Розглянута та обґрунтована можливість ефективної переробки відходів щебеню для виготовлення будівельної продукції.

Рассмотрена и обоснована эффективная возможность переработки отходов щебня для изготовления строительной продукции.

Considered and substantiated the possibility of effective recycling of rubble for the manufacture of construction products.

Одною з основних задач гірничовидобувної промисловості при розробці надр є максимальна та безвідходна виїмка корисних копалин з одночасним зниженням впливу на навколишнє середовище [1].

В процесі видобутку та переробки гірських порід на щебінь утворюються значні об'єми відходів малих фракцій (0-12 мм.), і які не використовуються на виробництві і не користуються попитом замовників. Так наприклад, на Малинському каменедробильному заводі (Рис.1) близько 4 мільйонів тонн цінної сировини, займають 4 гектари площі складування під відкритим небом та завдають значного впливу на навколишнє середовище.



Рис. 1. Кар'єр та відходи Малинського каменедробильного заводу

Ситуація досягла загрозливого становища і потребувала негайного розв'язання цієї проблеми. Після аналізу існуючих способів утилізації відсіву був побудований виробничий цех, який знаходиться на території Малинського каменедробильного заводу по виробництву широкого асортименту дрібноштучних будівельних виробів із пресованого бетону з застосуванням відсіву на комплексі технологічного обладнання фірми „HESS” (Рис.2).

Результати утилізації відходів щебеню, та їх переробка в різноманітну продукцію підтвердили високу екологічну, технічну та економічну ефективність виробництва, яка забезпечується наявністю дешевої сировини, води, цементу, низькою собівартістю виготовлення, високим попитом на асортимент продукції, її високою якістю, повною автоматизацією процесу підготовки бетонної суміші та готової продукції, зниженням штрафних санкцій за забруднення атмосфери [2].

Техніко-економічні показники цеху по виробництву продукції за допомогою технології і технологічної установки „HESS” наведені в табл.1.

Таблиця 1. Техніко-економічні показники цеху по виробництву продукції

№	Назва показника	Одиниця виміру	Показник
1	Річна продуктивність (тах)	тис. м ³	90,0
2	Кількість працюючих (2 зміни)	чол.	16
3	Загальна площа	м ²	186,24
4	Будівельний об'єм	м ³	2368,02
5	Площа ділянки (умовно)	га	0,26
6	Площа забудови	м ²	279,59
7	Річні витрати води	м ³	16000

Управління усіма технологічними процесами і режимами виготовлення продукції здійснюється з центрального пульта управління через комп'ютерну програму.

Повний технологічний процес виробництва продукції складається з 2 напрямків, які показані на рис. 2 і 3:

- виготовлення бетонної суміші;
- виготовлення продукції;

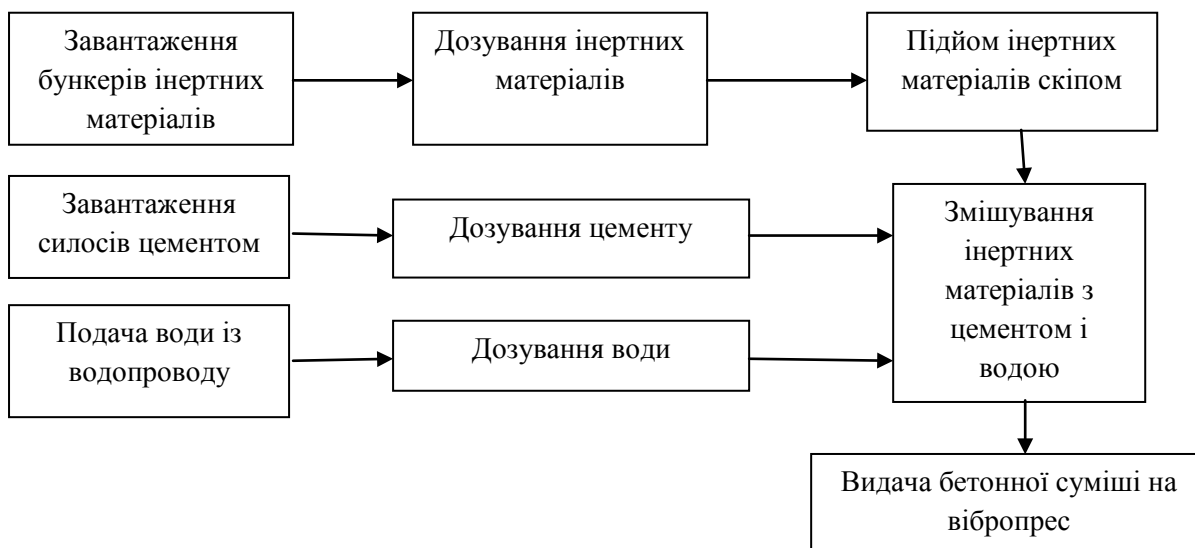


Рис. 2. Схема основних технологічних процесів підготовки бетонної суміші

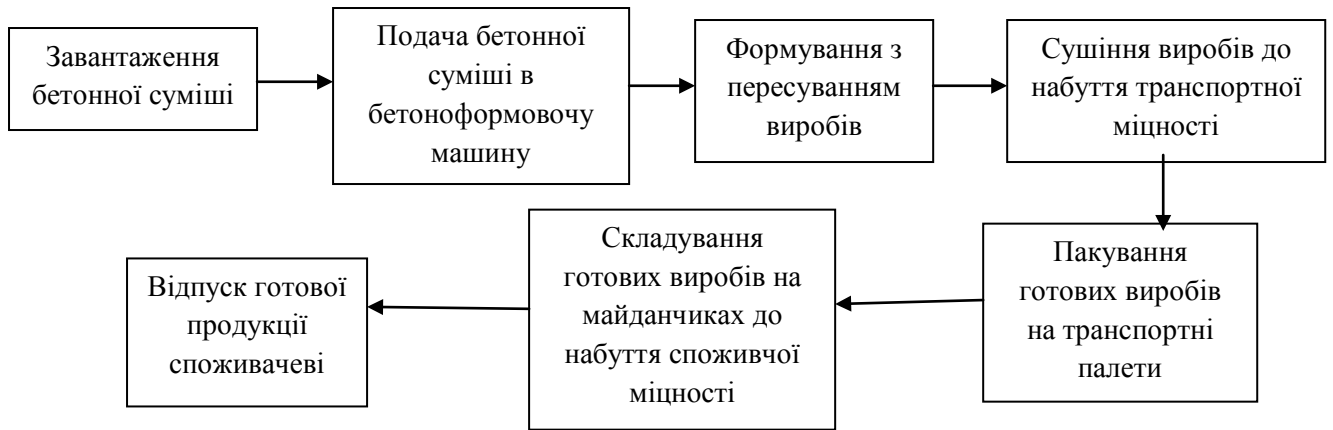


Рис. 3. Технологічна схема виробництва будівельних виробів

На продуктивність та основні показники технологічного процесу виробництва бетонної суміші та готової продукції впливають такі фактори як:

- розмір відсіву;
- температура виготовлення бетонної суміші та продукції;
- вологість суміші;
- якість цементу

В якості основного наповнювача продукції використовуються відсіві гранітного щебеню які отримуються в результаті його видобутку та дроблення. Для використання його в технології „HESS” потрібна фракція з розміром зерен від 1 до 3 мм і від 2 до 5 мм. Така фракція отримується в результаті подрібнення більш крупних фракцій і відсіювання гранітного піску від 0 до 1 і 2 мм. В кінці цього процесу гранітну крошку миють.

Інертні матеріали для виготовлення бетонних сумішей високоякісної продукції відповідають вимогам ГОСТ 8267-82; 23254-78; 8268-82; 8736-77

Для отримання високоякісної продукції рекомендується в якості базових рецептів, використовувати такий склад бетонних сумішей:

1. Пустотілий блок:

1. Пісок фракції 0-3	43%	4. Цемент М 350-400	10÷12%
2. Щебінь фракції 3-8	25%	5. В/ц=0,35-0,4	
3. Щебінь фракції 8-12	20%		

2. Бордюрний камінь:

1. Пісок фракції 0-3	42%	4. Цемент М350-400	15÷17%
2. Щебінь фракції 3-8	29%	5. В/ц=0,35-0,4	
3. Щебінь фракції 8-12	12%		

3. Тротуарний камінь:

1. Пісок фракції 0-3	41%	4. Цемент М350-400	16÷18%
2. Щебінь фракції 3-8	25%	5. В/ц=0,32-0,363.	
3. Щебінь фракції 8-12	16%		

Найменування виробів та виробничі об’єми випуску продукції наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Виробничі об'єми випуску продукції

№ п/п	Найменування виробів	Продуктивність шт. в:				Потреба в бетоні, м ³ /год
		годину	зміну	добу	рік	
1.	Пустотілий блок (200*200*400 мм)	2280	18240 (228м ³)	36480	9120000 (114000м ³)	28,5
2.	Тротуарна плитка (100*200*80 мм)	9870 (197,4м ²)	78960 (1580 м ²)	157920	39480000 (63000 м ³)	20
3.	Те ж з облицювальним шаром	7980	63840 (102 м ³)	127680	31920000 (638500м ³)	16
4.	Дорожній бордюрний камінь (1000*300*150мм)	510 (510п.м.)	4080 (183 м ³)	8160	2040000	28
5.	Тротуарний Бордюрний камінь (1000*200*80мм)	1000 (1000п.м.)	8000 (128 м ³)	16000	4000000 (64000 м ³)	20

Асортимент продукції цеху по виробництву будівельних матеріалів (рис. 4).



Рис. 4. Готова будівельна продукція виготовлена з відходів щебеню

Висновки

Результати діяльності цеху, реалізація продукції, попит на неї та отримані техніко-економічні показники показують правильність вибраного напрямку утилізації відсіву Малинського камене-дробильного заводу. Технологія виробництва будівельних матеріалів, за допомогою вибраного способу має повністю закритий цикл, повністю автоматизована з високим рівнем охорони праці. Продукція виробництва характеризується високою якістю і міцністю. Доля відходів виробництва (відсіву) складає до 40 – 60 % в об'ємі виготовленої продукції.

Постійний лабораторний контроль якості виробів дозволяє виключити поставку замовникам продукції яка не відповідає вимогам ДСТУу, і дає можливість МКДЗ гарантувати більш ніж 30-ти річний термін служби виробів. Крім того, результати лабораторних досліджень показують зменшення впливу накопичених відходів на атмосферу та навколишнє середовище, зниження штрафних санкцій за забруднення навколишнього середовища і нераціонального використання земель під відходи підприємства. Звільнені від відсіву площі заводу дають можливість розширення фронту робіт виробництва, зменшення техногенного навантаження на довкілля.

Бібліографічний список

1. Панфилов Е.И. Проблема комплексного освоения недр // Е.И. Панфилов. - М.: Знание. - 2001. - С. 114-119.
2. Шишков Ю.М. Утилізація відсіву щебеню // Ю.М. Шишков. К.: Наукова думка. - 2005. - С.74-86.

УДК 624.21 + 624.19(066)

Кравець В. Г., проф., д.т.н., Зайченко С. В., доц., к.т.н., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

МЕХАНІКА КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ПРИКОНТУРНОГО ҐРУНТОВОГО МАСИВУ ПРИ РОЛИКОВОМУ УЩІЛЬНЕННІ

Досліджено процес формування геотехнічних властивостей приконтурного ґрунтового масиву роликівим методом ущільнення. При дослідженні процесу роликівого формування ґрунтового масиву встановлено, що зона силового впливу розділяється за типом виникаючих деформацій на зону пружних деформацій, зону уповільненої деформації (ядро ущільнення) і зону розвинених пластичних деформацій. Для визначення напружено-деформованого стану зони розвинених пластичних деформацій використано модель Бінгама, що дозволило врахувати в'язкі властивості ґрунтів при їх динамічному навантаженні.

Ключові слова: *напружено-деформований стан, контактний тиск, ґрунт, опір зсуву, тунель.*

Исследован процесс формирования геотехнических свойств приконтурного массива роликівим методом уплотнения. При исследовании процесса роликівого формирования ґрунтового массива установлено, что зона силового воздействия разделяется по типу возникающих деформаций на зону упругих деформаций, зону замедленного деформирования (ядро уплотнения) и зону развитых пластических деформаций. Для определения напряженно-деформованного состояния зоны развитых

пластических деформаций использована модель Бингама , что позволило учесть вязкие свойства грунтов при их динамической нагрузке .

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, контактное давление, грунт, сопротивление сдвигу, тоннель.

The formation process of geotechnical properties of the marginal array roller compaction method . In the study of the process of formation of the soil mass roller set that force impact zone is divided by type of emerging strains on the elastic deformation zone , a zone of slow deformation (core seals) and a zone of plastic deformation . To determine the stress- strain state of the zone of plastic deformation of the Bingham model is used , allowing to take into account the viscous properties of soils under dynamic load.

Keywords: stress-strain state, contact pressure, ground, shear resistance, tunnel.

Вступ. Збільшення чисельності населення великих міст, зростання попиту і вартості земельних ділянок призводить до збільшення об'ємів підземного будівництва. При вирішенні транспортних і комунікаційних завдань сучасного міста єдиним можливим рішенням є будівництво підземних транспортних тунелів і колекторів.

Ущільнення основ комунікаційних споруд (доріг, автомагістралей і т.п.), які знаходяться на поверхні, стало невід'ємною частиною робіт, спрямованих на збільшення несучої здатності і надійності споруд. Досвід механічного ущільнення основ наземних об'єктів може бути використаний при зведенні підземних комунікаційних споруд. Традиційно для ущільнення основ комунікаційних споруд використовується високопродуктивний метод укочування циліндричними робочими органами (катками). Укочування як метод безперервного ущільнення будівельних конструкцій успішно реалізований в технології роликового ущільнення [1-2]. Відмінністю укочування являється механізм виникнення силового впливу на середовище. Для роликового методу ущільнення силовий вплив виникає в результаті деформації середовища в той час, як при укочуванні вплив на середовище практично обмежений вагою технологічного обладнання. Застосування методу роликового ущільнення дозволяє провести стабілізацію приконтурної зони підземної споруди безперервним способом з метою збільшення її несучої здатності і надійності.

Процес роликового формування проходить в широкому діапазоні швидкостей руху роликового робочого органу. Для підвищення продуктивності, а також забезпечення стабільності процесу формування швидкість руху робочих органів при ущільненні кільцевих конструкцій може перевищувати 5 м/с. При цих значеннях швидкості робочих органів швидкість дотичних (кутових) деформацій може перевищувати 15 с^{-1} , що за наявності в'язких властивостей середовища, що ущільнюється, неодмінно приведе до виникнення додаткової складової опору.

Аналіз стану проблеми. В роботах присвячених методу укочування катками [3-4] і роликовому формуванню [1-2] моделювання процесу ущільнення побудовано на взаємодії шару суміші, підсиленого абсолютно жорсткою основою, без врахування в'язких властивостей середовища, що оброблюється. Також більшість розрахункових моделей при моделюванні процесу взаємодії середовища з роликовими робочими органами не враховує можливе розділення зони силового впливу за характером деформацій і зміною фізико-механічних властивостей.

Мета роботи. Для визначення основних параметрів процесу роликового формування приконтурного ґрунтового масиву тунелю необхідно дослідити його напружено-деформований стан середовища, що оброблюється, при динамічній дії робочого органу з врахуванням розділення зони силового впливу за характером деформацій і зміною фізико-механічних властивостей.

Матеріали і результати досліджень. Розрахункові схеми взаємодії роликових робочих органів з ґрунтом представлені у вигляді інденторів складного профілю, що

перекочуються по оброблюваному середовищу. Оброблюване середовище представлене напівпростором з анізотропними (ортотропними) властивостями. Індентори є абсолютно жорсткими тілами, обмеженими циліндричною поверхнею.

Контактне завдання взаємодії роликів робочих органів з ґрунтовим масивом, вирішується як сукупність плоских(уздовж осі обертання робочого органу) і розділяється на два етапи:

- взаємодія робочих органів із зоною уповільненої деформації (ядра ущільнення);
- взаємодія ядра ущільнення із зоною розвинутої пластичної деформації.

При дії на ґрунтовий масив роликів робочого органу середовище, що обробляється, в залежності від значень виникаючих деформацій поверхні проявляє свої пружні і пластичні властивості. Початок взаємодії робочого органу (зона I, дуга AB, φ_I) (рис. 1) супроводжується пружними і пластичними деформаціями масиву, які відповідають фазі ущільнення і зсувів (фаза ущільнення і локальних зсувів) (зона I). Подальший вплив робочого органу призводить до утворення фази розвинутої пластичної течії (фаза розвитку значних зсувів) між сформованим ядром ущільнення (зона II) і зоною ущільнення, яка утворюється під ядром (зона III). Сумарна висота зон II і III складає глибину ущільненого ґрунтового масиву з підвищеною несучою здатністю.

Для вирішення другого етапу задачі розглянемо умови рівноваги елементу ґрунту (зони III) в двох випадках: коли він знаходиться в зоні випередження $A'E'$ і коли він знаходиться в зоні відставання $E'D'$ спроектувавши діючі сили на вісь перпендикулярну до висоти елементу. Після перетворень умов рівноваги і використання умов пластичності Треска-Сен-Венана можливо отримати диференціальні рівняння, рішення яких відносно h_{222} дозволяє встановити висоту зони розвинутої пластичної деформації:

для зони випередження (дуга $A'E'$):

$$\frac{dh_{222}}{d\varphi_x} = \frac{tg(\beta)}{\frac{1}{(R+h_x+h_{222})} + \frac{(1+\mu'tg(\beta)) - \frac{2\tau_s}{p'_x}}{(R+h_x)}}, \quad (1)$$

для зони відставання (дуга $E'D'$):

$$\frac{dh_{222}}{d\varphi_x} = \frac{tg(\beta)}{\frac{1}{(R+h_x+h_{222})} - \frac{(1+\mu'tg(\beta)) - \frac{2\tau_s}{p'_x}}{(R+h_x)}}, \quad (2)$$

де μ' - коефіцієнт тертя; τ_s - граничний опір зсуву.

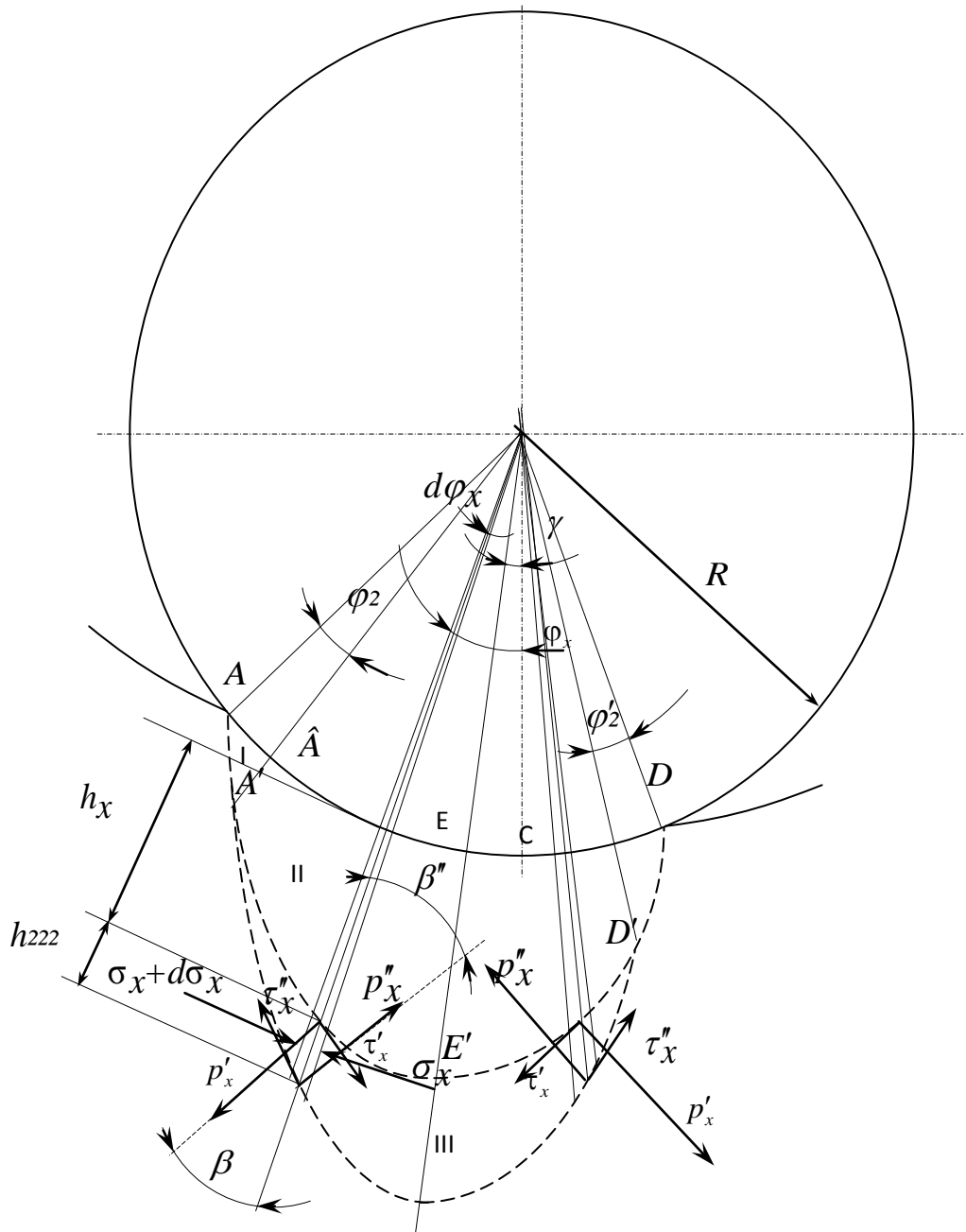


Рис. 1 Розрахункова схема моделювання процесу ущільнення в зоні розвиненої пластичної деформації

Середня по висоті кутова швидкість деформації елемента, що розглядається (зони III) враховуючи, що відношення прирощень

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{(R+h_x) \Delta \varphi_x} \quad \text{і} \quad \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{h_{222}} :$$

$$\text{ділянка } A'E' : \dot{\gamma} = \vec{V}_{E'} \left(\frac{\cos\beta}{(R+h_x)(\varphi - \gamma - \varphi_I)} + \frac{\cos\alpha}{h_{222}} \right), \varphi_x \square (\varphi - \varphi_I; \gamma);$$

$$\text{ділянка } E'D' : \dot{\gamma} = \vec{V}_{E'} \left(\frac{\cos\beta}{(R+h_x)(\gamma + \varphi_{i\delta} - \varphi_I)} + \frac{\cos\alpha}{h_{222}} \right), \varphi_x \square (\gamma; \varphi_{i\delta} - \varphi'_{\delta}).$$

Скориставшись розробленим алгоритмом розрахунку головних параметрів формування ґрунтового масиву роликівим методом (рис. 2), скориговано значення міцності матеріалу з врахуванням в'язкої складової, визначено розподіл висоти зони розвиненої пластичної деформації. Визначення в'язкої складової міцності матеріалу можливе з використанням результатів дослідження реологічних параметрів ґрунтових сумішей. На рис. 3 представлено розподіл висоти зони розвиненої пластичної деформації з врахуванням реологічних властивостей суміші при дії роликівого робочого органу радіусом $R = 0.3\dot{\gamma}$ зі швидкістю руху $V_p = 5\dot{\gamma} / \dot{n}$.

На рис. 3 представлено результати рішення диференціальних рівнянь (1, 2) для ґрунтів з різними фізико механічними властивостями за розробленим алгоритмом (рис. 2).

Порівняння розподілів висоти зони ²²², отриманих при різній поведінці ґрунтів (пластичній і в'язко-пластичній), свідчить про необхідність врахування в'язких властивостей середовища при моделюванні процесу роликівого формування геотехнічних властивостей прилеглого контуру підземної споруди. Значна різниця отриманих результатів спостерігається для ґрунтів з великим вмістом глини (суміш №3, вміст глини 30%). Максимальна відносна різниця значень отриманих розподілів висоти h_{222} при різних моделях (рис. 3, б і рис. 3, в) складає 44.4% при абсолютних значеннях максимальних висот 0,063 м і 0,091 м.

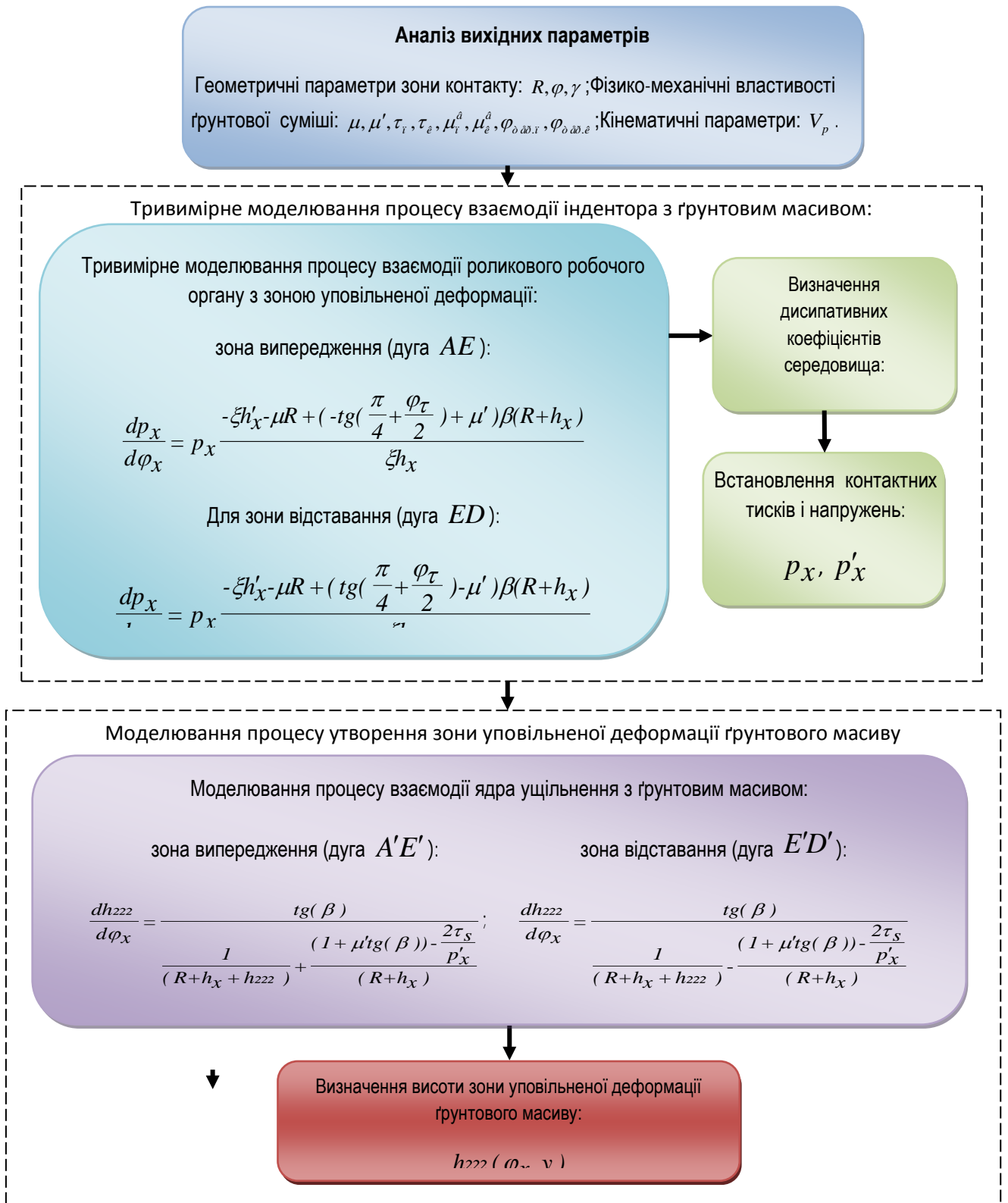


Рис. 2 Структурна схема визначення головних параметрів формування ґрунтового масиву роликів методом

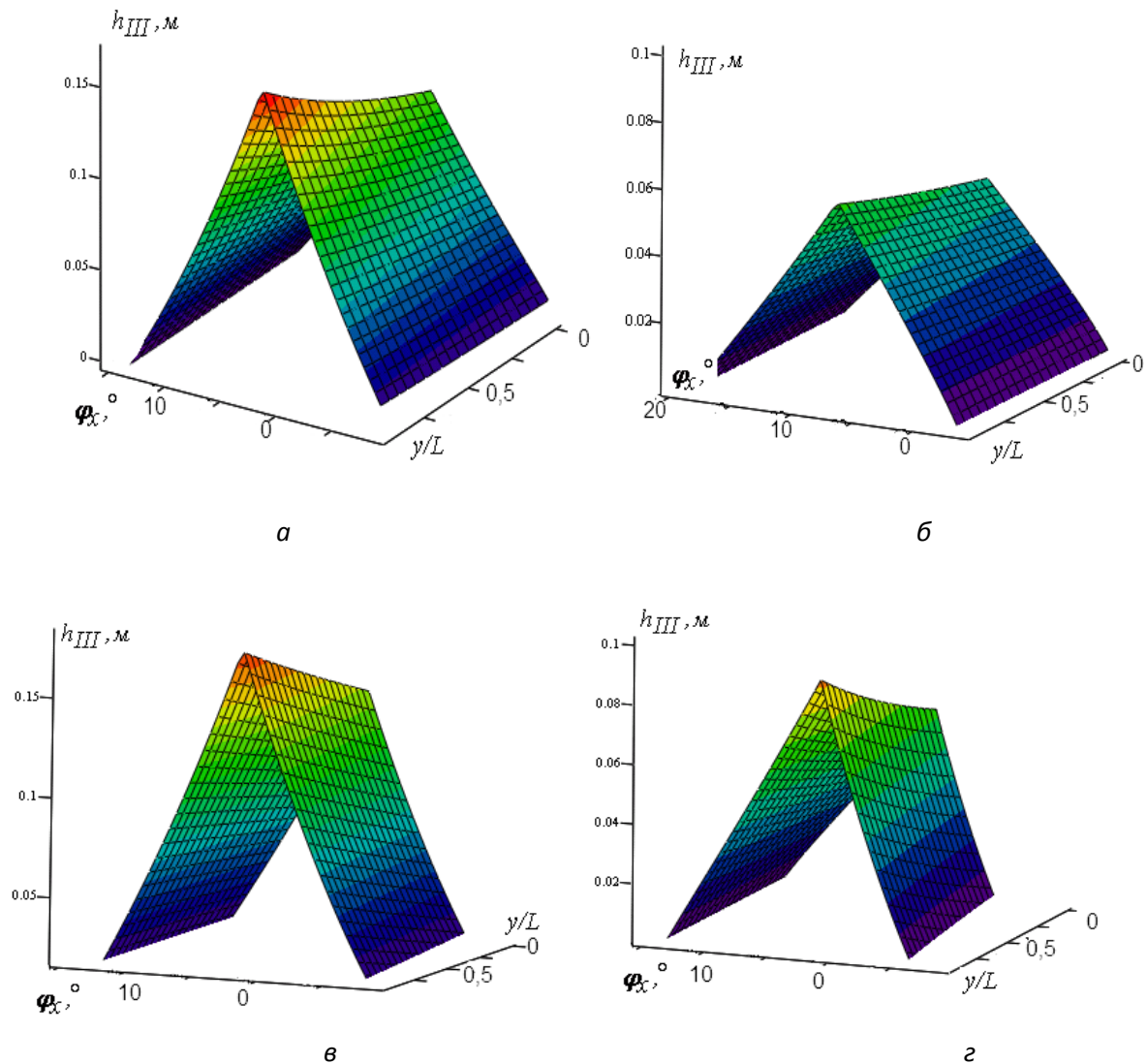


Рис. 3 Розподіл висоти зон розвиненої пластичної деформації:
а, в – суміш №1 вологість $W_c = 18\%$; *б, г* – суміш №3 вологість $W_c = 14\%$

Зі зменшенням вмісту глиняних часток в ґрунті в'язкі властивості проявляються в меншій мірі, що обумовлює в свою чергу практично рівні розподіли висот ущільненого матеріалу. Про це свідчить порівняння розподілів висот для суміші з вмістом глини 10% (суміш №1). Максимальна відносна різниця значень отриманих розподілів висоти h_{222} при різних моделях (рис. 3, *а* і рис. 3, *в*) складає 5.3% при абсолютних значеннях максимальних висот 0.170 м і 0.179 м. Цілком очевидно, що збільшення швидкості деформації (до 5 м/с) призводить до збільшення глибини ущільненого приконтурного шару ґрунту, що в свою чергу позитивно відзначиться на несучій здатності будови тунелю.

Висновок.

Визначення закономірностей розподілів нормальних контактних тисків і висот зон деформацій при динамічному впливі роликів робочих органів на приконтурний ґрунтовий масив дозволяє встановити основні параметри процесу роликового формування геотехнічних властивостей приконтурного ґрунтового масиву тунелю з урахуванням реологічних властивостей бетонної суміші.

Використовуючи наведені спрощені моделі поведінки ґрунту (модель Гука і Бингама з зміцненням) при дії роликового робочого органу, можна вважати, що після

проведення процесу формування геотехнічних властивостей прилеглого контуру, у випадку будівництва тунелю кругового обрису, ґрунтовий гірський масив буде розділено на зони з границями у вигляді концентричних кіл.

Бібліографічний список

1. Korolov N.E., Kuzin V.N., Selivanova S.A. Formovanie zhelezobetonnyih izdeliy metodom rolikovogo pressovaniya // NIIZhB. M.: Stroyizdat, 1970. – vyip. 22. –S. 32–38.
2. Korolyov N.E. K vyбору stankov dlya massovogo proizvodstva betonnyih i zhelezobetonnyih trub // Beton i Zhelezobeton. 1973. – №3. – S. 9-10.
3. Kaluzhskiy Ya.A., Batrakov O.T. Uplotnenie zemlyanogo polotna i dorozhnyih odezhd. M.: Transport, 1970. – 160 s.
4. Harhuta N.Ya., Vasilev Yu.M. Ustoychivost i uplotnenie gruntov dorozhnyih nasyipey. M.: Avtotransizdat, 1964. – 216 s.
5. Mehanika kontaktnogo vzaimodeystviya : per. s angl. / K. Dzhonson ; pod red. R.V. Goldshyteyna . – M. : Mir, 1989 . – 510 s.

УДК 622.257.1

Гаркуша В.С., асп., Ганєєв С.Н., к.т.н., доц. кафедри строительства, геотехники и геомеханики, ГВУЗ Национальный горный университет, г. Днепропетровск

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПУСТОЙ ПОРОДЫ УГОЛЬНЫХ ШАХТ В КАЧЕСТВЕ НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ

Представлены результаты исследования о возможности применения пустой породы угольной шахты в качестве наполнителя для тампонажных растворов. Проведен сравнительный анализ прочности тампонажных растворов на основе кварцевого песка и на основе пустой породы. Сделаны выводы о возможности замены кварцевого песка пустой породой угольных шахт.

Представлені результати досліджень можливості використання пустої породи вугільної шахти в якості наповнювача для тампонажних розчинів. Проведено порівняльний аналіз міцності тампонажних розчинів на основі кварцового піску та на основі пустої породи. Зроблені висновки щодо можливості заміни кварцового піску на пусу породу вугільних шахт.

The results of studies on the possible use of coal mine waste rock as a filler for cement mortars are given. A comparative analysis of the cement mortar strength based on silica sand and on waste rock of coal mine is made. The conclusions about the possibility of quartz sand replacement on the waste rock are drawn.

Введение. Среди материалов, применяемых для тампонажа приконтурного массива горных пород и закрепного пространства горных выработок, наибольшее распространение получили материалы на основе цемента с использованием кварцевого песка в качестве наполнителя. Проведено большое количество исследований о возможности применения различных отходов промышленности для изготовления тампонажных растворов, в частности золы-уноса ТЭС, шлаков металлургических комбинатов, отходов обогащения угля. Однако сырьевые материалы для приготовления тампонажных растворов необходимо транспортировать на большие глубины угольных шахт, что связано с необходимостью координации транспортной системы шахты, затратами на электроэнергию и повышенной трудоемкостью. Одним из достаточно перспективных

направлений является применение пустых пород угольных шахт для изготовления тампонажных растворов. При этом пустая порода не должна выдаваться на поверхность, измельчение пустой породы будет происходить в подземных условиях. Это несколько усложнит цикл подземных работ, однако в долгосрочной перспективе позволит снизить затраты на спуск и выгрузку сырьевых материалов для приготовления тампонажных растворов, а также разгрузит транспортную систему шахты.

Анализ литературных источников. Значительный вклад в изучение реологических и физико-механических свойств тампонажных растворов сделали такие ученые, как Максимов А.П. [1], Кипко Э.Я., Кипко А.Э., Должиков П.Н., Рябичев В.Д., Ивлева Е.О., Саламатов М.А., Хямяляйнен В.А.

Кипко Э.Я. [2], Кипко А.Э., Должиков П.Н.[3], Рябичев В.Д., Ивлева Е.О.[4] и др. исследовали процесс закладки закрываемых шахт смесями на основе различных отходов промышленности - горелых пород угольных шахт, отвальных и гранулированных шлаков. Саламатов М. А. смоделировал процесс тампонажа в условиях трещиноватых пород [5]. Хямяляйнен В.А. исследовал возможность замены части цемента в тампонажных растворах на отходы углеобогащения. Его исследования показали, что их применение имеет значительное влияние на реологические свойства тампонажных растворов [6].

Цель работы. Провести сравнительный анализ физико-механических характеристик тампонажного раствора на основе цемента с использованием двух видов наполнителя – природного кварцевого песка и пустой породы угольной шахты им. Героев Космоса ПАО «ДТЭК Павлоградуголь».

Задачи исследования:

1. Экспериментально определить прочность при сжатии образцов-кубов тампонажного раствора на основе кварцевого песка и пустой породы угольной шахты им. Героев Космоса ПАО «ДТЭК Павлоградуголь».
2. На основе полученных результатов сделать выводы о возможности и эффективности использования пустой породы угольной шахты им. Героев Космоса ПАО «ДТЭК Павлоградуголь».

Материалы и результаты исследований. В ходе проведения эксперимента были изготовлены образцы-кубы размером 10×10×10 см из тампонажных смесей на основе цемента ПЦ I М 500, с использованием в качестве наполнителя кварцевого песка с модулем крупности $M_k=1,74$ и пустой породы угольной шахты им. Героев Космоса ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», измельченной до размера частиц менее 1,6 мм. Используемая пустая порода представлена алевролитами темно-серого цвета и глинистыми сланцами горизонтально-слоистой структуры. Прочность пород по шкале проф. Протождяконова $f=1,4$, сцепление среднее.

Также присутствует песчаник серый, слюдястый, мелкозернистый, кварцевый на глинистом цементе. Строеие горизонтально-слоистое за счет переслаивания с алевролитом. Коэффициент крепости $f=1,4$. Аргилит темно-серый, горизонтально-слоистый за счет переслаивания с алевролитом, средней крепости $f=2,3$.

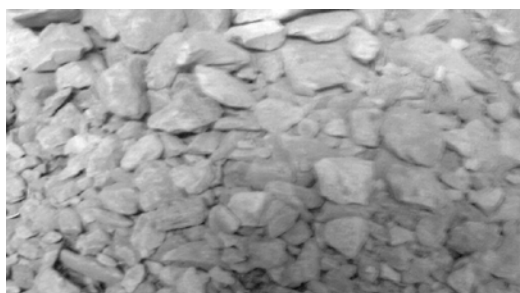


Рис.1 Пустая порода угольной шахты им. Героев Космоса ПАО «ДТЭК Павлоградуголь»

Представленный эксперимент включает в себя изготовление образцов из тампонажных растворов с различными соотношениями кварцевого песка и пустой породы, которая по своей природе близка к глинистым материалам, что впоследствии оказало значительное влияние на водопотребность бетонной смеси и на прочностные показатели затвердевшего раствора. Показатели прочности при сжатии образцов-кубов, изготовленных из моделируемых составов тампонажных растворов, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Прочность тампонажных растворов при сжатии

№ п/п	Состав				Прочность при сжатии, МПа			
	Цемент	Порода	Песок	В/Т	7 суток	14 суток	21 сутки	28 суток
1.	1	3	-	0,4	3,1	-	5,93	5,06
2.	1	-	3	0,19	11,15	-	13,02	16,74
3.	1	2	1	0,25	7,35	-	11,37	13,78
4.	1	1	2	0,23	12,96	-	18,78	18,96

На рис. 2 представлена диаграмма изменения прочности моделируемых тампонажных растворов.

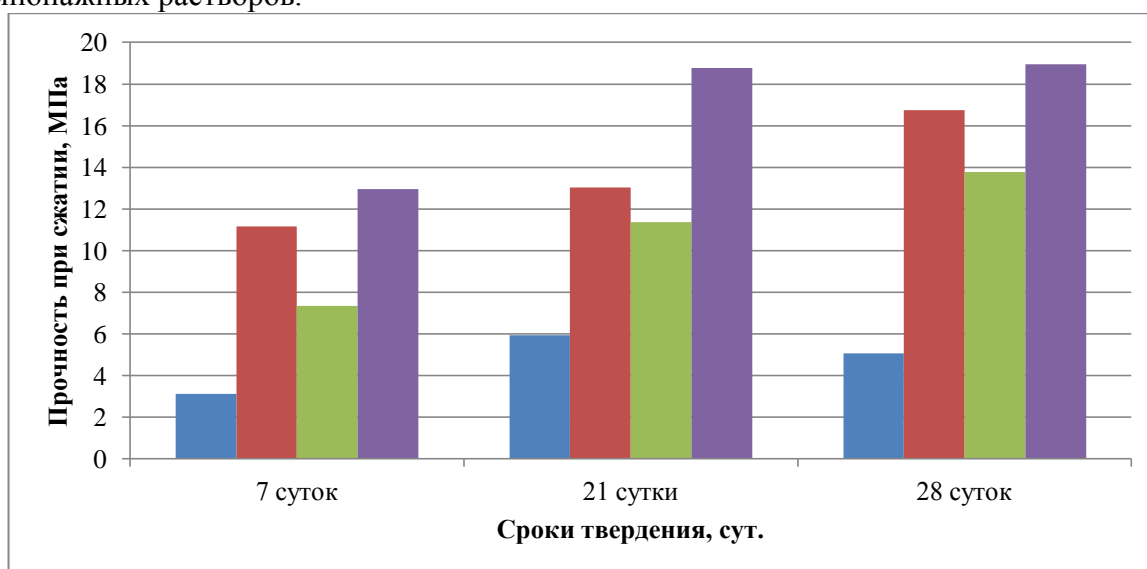


Рис. 2. Прочность тампонажных растворов при сжатии

При изготовлении всех представленных рецептов тампонажных растворов применялся суперпластификатор в количестве 0,6% от массы цемента с целью уменьшения водопотребности тампонажного раствора. Было установлено, что введение суперпластификатора дает положительный эффект только для смесей, содержащих достаточно большое количество кварцевого песка, а для смесей с большим количеством пустой породы его применение неэффективно. Применяемая порода имеет природу глинистого материала, для нее характерна высокая водоудерживающая способность, что обуславливает большую водопотребность растворов с большим ее содержанием.

Выводы. Исследования показали, что прочность при сжатии тампонажных материалов на основе пустой породы угольной шахты им. Героев Космоса ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», по сравнению с материалами на основе кварцевого песка, ниже в 3 раза. Однако тампонажные материалы, изготовленные с использованием кварцевого песка и пустой породы, показывают приемлемые показатели прочности на сжатие и хорошие технологические характеристики тампонажных смесей. Исходя из этого, можно

утверждать, что наиболее рациональным решением является замена кварцевого песка пустой породой на 30 – 50 %.

Таким образом, применение измельченной породы угольных шахт позволит снизить затраты как на покупку сырьевых компонентов для приготовления тампонажных растворов, так и на их транспортировку на большие глубины угольных шахт. Применение пустой породы в качестве наполнителя для тампонажных растворов уменьшит количество выдаваемой на поверхность породы, что будет способствовать улучшению экологической ситуации в регионе.

Библиографический список

1. Максимов А.П. Тампонаж горных пород / А.П. Максимов, В.В. Евтушенко. – Москва: Недра, 1978. – с.180.
2. Кипко Э.Я. Проектирование тампонажных растворов в горном деле: монографія / [Кипко Э.Я., Дудля Н.А., Тельних Н.Н. и др.]. - Днепродзержинск: Издательский дом «Андрей», 2008. -176 с.
3. Должиков П.Н. Физика движения вязкопластичных тампонажных растворов: монографія / П.Н. Должиков, Э.Я. Кипко. – Донецк: Норд-Пресс, 2007. – 238 с.
4. Ивлиева Е. О. Разработка рецептуры тампонажно-закладочных материалов на основе отходов металлургического производства: сб. научн. трудов / Е. О. Ивлиева, П. Г. Фурдей // Совершенствование технологии строительства шахт и подземных сооружений. – Донецк: Норд–Пресс, 2012. – Вып. 18 – С. 240-242.
5. Саламатов М.А. Аналитическое выражение коэффициента фильтрации трещиноватых пород при течении вязкопластичных гидкостей // Труды СГИ. - Свердловск: изд. УПИ, 1977. – Вып. 126.
6. Хмяляйнен В.А. Экспериментальные исследования физико-механических свойств тампонажных растворов на основе цемента и отходов углеобогащения / В.А. Хмяляйнен., М.А. Баев // Вестник КузГТУ. – 2013. - №6 – С. 12-19.

УДК 622.02

Зуєвська Н.В., проф., д.т.н., Мацук О.Є., маг., Табуницяк Л.С., маг. (НТУУ «КПІ»)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВИДОБУТКУ ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ НА ЙОГО ПОВЕРХНЕВУ ТА ПІДПОВЕРХНЕВУ СТРУКТУРУ

В статті розглянуто можливість використання електронної мікроскопії для дослідження впливу видобутку блочного каменю на його підповерхневу поверхневу структуру та проведено аналіз отриманих фотозображень. Дане дослідження допоможе візуально оцінити вплив обраного методу та його актуальність. Запропонована методика підвищує ступінь достовірності і надійності висновків, вона може становити практичний інтерес для наукових співробітників і практиків, що займаються проблемами дослідження якості блочного каменю, дає можливе створення системи накопичення, зберігання і використання необхідної та достовірної інформації при оцінці якісних параметрів порід.

Ключові слова: *дефекти, мікротріщини, обробка, фотозображення, мікроскопічний метод, глибина тріщин, довговічність.*

В статье рассмотрена возможность использования электронной микроскопии для исследования влияния добычи блочного камня на его подповерхностных поверхностную структуру и проведен анализ полученных фотоизображений. Данное исследование поможет визуально оценить влияние выбранного метода и его актуальность.

Предложенная методика повышает степень достоверности и надежности выводов, она может представлять практический интерес для научных сотрудников и практиков, занимающихся проблемами исследования качества блочного камня, дает возможно создание системы накопления, хранения и использования необходимой и достоверной информации при оценке качественных параметров пород. В результате проведенных исследований можно утверждать, что независимо от местоположения и химического состава образцов гранита, в исследованных образцах при применении буро-взрывной техники повреждения камня в количественном, и качественном соотношении будут значительно существеннее. Наблюдается большое количество разломов, внушительных размеров, что снижает качество блочного камня и препятствует использованию полученного материала по назначению.

Ключевые слова: *дефекты, микротрещины, обработка, фотоизображения, микроскопический метод, глубина трещин, долговечность.*

The paper considers the use of electron microscopy to study the impact of mining stone block on its surface subsurface structure and analyzes the received picture . This study helps to visually assess the impact of the chosen method and its relevance. The technique increases the accuracy and reliability of the findings, it may be of practical interest for researchers and practitioners concerned with the study of the quality of block stone makes possible the creation of the accumulation, storage and use of relevant and reliable information in assessing the qualitative parameters of rocks. As a result of the research can be argued that regardless of the location and the chemical composition of samples of granite in the investigated samples when using drilling and blasting techniques damage the stone in quantitative and qualitative ratio will be much more substantial. There is a large number of faults, of considerable size, which reduces the quality of the stone block and prevent the use of material obtained by appointment.

Keywords: *defects, cracks, processing, pictures, microscopic method, the depth of cracks durability.*

Вступ. В Україні видобувають і переробляють величезну кількість граніту найвищої якості та кольорів на будь-який смак. Більшість досліджень направленні на вивчення якісних характеристик блочного масиву, але слід враховувати, що значний вплив на кінцеву якість каменю має метод видобутку. Основна мета виробничого процесу видобутку каменю – це добування комерційних блоків високої якості та максимальне збереження природної монолітності цілісності блоку. Актуальною проблемою на сьогодні є дослідження впливу основних методів видобутку блочного каменю (буровибуховий спосіб та канатне різання) на його під поверхневу та поверхневу структуру. Удосконалення відомих методів видобутку гранітних блоків та якісна оцінка їх використання повинні забезпечувати підвищення економічних показників виробництва та його конкурентоздатність на сучасному світовому ринку природного каменю.

Аналіз існуючих досліджень і публікацій. Використання алмазно-канатного різання при відділенні блоків від масиву міцних порід забезпечує зниження втрат природного каменю в 1,8 рази в порівнянні з буровибуховим способом, в 1,3 рази в порівнянні з буроклиновим, в 1,1 рази в порівнянні з термогазоструйним способом [1, 2]. Разом з тим, значні витрати на алмазно-канатне різання стримують впровадження цього способу і вимагають застосування комбінованих способів видобутку. Тому в багатьох роботах проводилось обґрунтування вибору способу відділення при видобутку блоків міцних порід природного каменю, що враховує технологічні параметри видобувного і розпилювального обладнання, яке ґрунтується на економічній ефективності виробництва продукції на каменеобробному підприємстві [3].

Застосування канатного різання стало дуже популярним за останні 20 років на мрамурових кар'єрах і за останні 10 років – на гранітних кар'єрах, на сьогоднішній день ця технологія успішно застосовується і на кар'єрах з видобутку габро, гранітів і схожих з ними порід [4].

Дослідження авторів з даної тематики виконувались з метою визначення впливу технології видобування природного каменю на його міцнісні характеристики, а також удосконалення і розвиток методів відділення монолітів від масиву гірських порід [5]. В роботах [5,6] була описана і запропонована нова методика дослідження крайових зон гірських порід, яка дає можливість одержувати великий обсяг інформації про якість блоків природного декоративного каменю.

У розвиток досліджень, пов'язаних з впливом видобутку блочного каменю на його якісну оцінку, зробили значний внесок В.В. Коробійчук, В.В. Котенко, В.В.Бойко, Н.В. Зуєвська, В.Г. Кравець, К.К. Ткачук [7] та інші.

Цілі та задачі. Застосування електронної мікроскопії для оцінки впливу обраних методів видобутку блочного каменю на його підповерхневу та поверхневу структуру.

Результати дослідження. Електронна мікроскопія, сукупність електронно-зондових методів дослідження мікроструктури твердих тіл, їх локального складу і мікрополів (електричних, магнітних і ін.) за допомогою електронних мікроскопів (ЕМ)-приладів, в яких для отримання збільшених зображень використовують електронний пучок. Електронний мікроскоп завдяки високій роздільній здатності (більш ніж на два порядки вище в порівнянні зі світловим мікроскопом) дозволяє спостерігати тонкі особливості деталі структури мікрооб'єктів на атомно-молекулярному рівні [8].

Мікроскопічні методи дослідження - способи вивчення різних об'єктів за допомогою мікроскопа. При електронній мікроскопії зображення об'єктів дослідження виникає за рахунок спрямованого потоку електронів. Залежно від властивостей об'єкта змінюються фізичні властивості світла - його колір і яскравість, пов'язані з довжиною і амплітудою хвилі, фаза, площину і напрям поширення хвилі. На використанні цих властивостей світла і будуються різні мікроскопічні методи дослідження.

Сьогодні, можливості растрової електронної мікроскопії використовуються практично у всіх галузях науки і промисловості, від біології до наук про матеріали. Гнучке управління мікроскопами дозволяє, значно знизити електронно-променеві пошкодження зразків, підвищує достовірність і відтворюваність результатів аналізу мікроструктури, полегшують працю дослідників.

РЕМ (растровий електронний мікроскоп) - прилад класу електронний мікроскоп, призначений для отримання зображення поверхні об'єкта з високим (до 0,4 нанометра) просторовим дозволом, також інформації про склад, будову та деяких інших властивостях при поверхневих шарів, заснований на принципі взаємодії електронного пучка з досліджуванним об'єктом в умовах "глибокого вакууму".

Нижче наведений малюнок ілюструє принципову схему РЕМ: тонкий електронний зонд (електронний пучок) спрямовується на аналізований зразок. У результаті взаємодії між електронним зондом і зразком генеруються низько енергетичні вторинні електрони, які збираються детектором вторинних електронів. Кожен акт зіткнення супроводжується появою електричного сигналу на виході детектора. Розроблені методики, які дозволяють досліджувати не тільки властивості поверхні зразка, а й візуалізувати інформацію про властивості під поверхневих структур. Все це несе інформацію про природу об'єкта. Інтенсивність електричного сигналу залежить як від природи зразка (меншою мірою), так і від топографії (більшою мірою) зразка в області взаємодії [9].

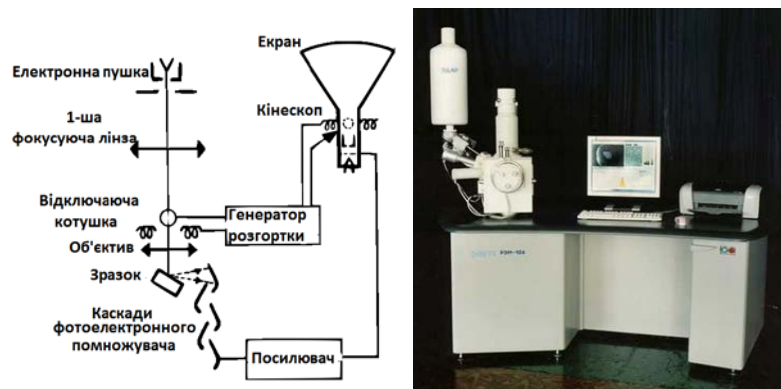


Рис. 1 Схема роботи растрового мікроскопа PEEM-106I

За допомогою растрового електронного мікроскопу PEEM-106I (рис. 2), який дозволив визначити хімічний склад в діапазоні атомних номерів від 11(Na) до 92 (U) з локальністю до 1 мкм; зробити фотографію відображення в режимі Contro(фазовий режим) і режимі Торо (контраст рельєфу) та вторинних електронах з роздільністю до 10 нм при збільшенні від $\times 15$ до $\times 100000$, було проведено дослідження.

Для дослідження впливу видобутку природнього каменю на його поверхневу структуру ми застосовували мікроскоп поляризаційний МІН-8, який зображений на рис. 2, який призначений для дослідження прозорих препаратів в (звичайному або поляризованому) світлі в коноскопіческом і ортоскопіческом ході променів.



Рис. 2. Зображення мікроскопа МІН-8

Мікроскоп може застосовуватися для різних робіт у галузі мінералогії, петрографії, мінерографії, а також у галузі біології та хімії. Мікроскоп спільно з освітлювачем ОІ-12 може бути застосований для дослідження непрозорих об'єктів у відбитому світлі (як в поляризованому, так і звичайному). З мікрофотонасадкою типу МФН мікроскоп забезпечує можливість фотографування досліджуваних об'єктів. Крім того, конструкція мікроскопа дозволяє вести роботу зі столиком Федорова, пристроєм для спостереження методом фазових контрастів КФ -1 і конденсором темного поля ОІ- 13.

Також, використовували унікальний та коштовний сучасний скануючий електронний мікроскоп ZEISS EVO 50XVP виробництва фірми ZEISS, укомплектованого енергодисперсійним аналізатором рентгенівських спектрів INCA450 з детектором INCAPentaFETx3 та системою HKL CHANNEL-5 для дифракції відбитих електронів виробництва фірми OXFORD (рис. 3).

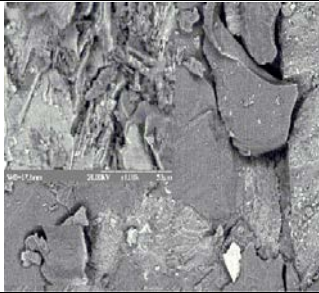

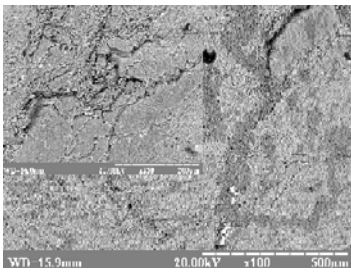
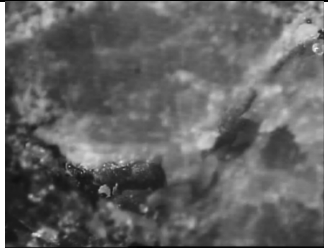
Устаткування призначене для визначення локального та середнього якісного та кількісного складу неорганічних зразків, а також для отримання і обробки зображень при збільшенні до 300000 разів широкого класу об'єктів: фармацевтичних, текстильних, медичних, біологічних та ін.



Рис. 3. Зображення мікроскопа ZEISS EVO 50XVP

Для дослідження обрані два зразки граніту Капустянського родовища, видобуті за допомогою буро-вибуховим способом та канатним різанням. Результати проведеного аналізу зразків граніту наведенні в таблиця 1.

Таблиця. 1. Результати проведеного аналізу зразків граніту

Назва родовища	Способи видобутку	Підповерхнева структура	Поверхнева структура
Капустянське	БВР		
	Канатне різання		

За допомогою мікроскопу отримали результати хімічного складу зразків граніту, всі дані наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Хімічний склад

Елементи	C, %
Al	1.21
Si	73.07
K	5.44
Ca	2.84
Ti	1.96
Fe	8.22
Zr	2.59
La	2.44
Ce	2.22

Висновки. Проаналізувавши результати дослідження можна стверджувати, що незалежно від місця розташування і хімічного складу зразків граніту, в досліджених зразках при застосуванні буро-вибухової техніки пошкодження каменю в кількісному, і якісному співвідношенні будуть значно суттєвіші. Спостерігається велика кількість розломів, значних розмірів, що знижує якість блочного каменю і перешкоджає використанню отриманого матеріалу за призначенням.

Граніт, видобутий канатною пилою характеризуються не значною кількістю мікротріщин підповерхневої структури. І хоча канатний метод являється найбільш фінансово затратний, однак дозволяє максимально повно використовувати запаси родовища та отримувати сировину високої якості.

Бібліографічний список

1. Зуєвська Н.В. Зміна міцнісних характеристик гранітних блоків в залежності від способу видобування // Вісті Донецького гірничого інституту – ДВНЗ «ДонНТУ», 2012. - №1(30) - 2 (31). - С. 446 – 470.

2. Бойко В.В. Проблеми сейсмічної безпеки вибухової справи на кар'єрах України. - К.: ТОВ "Видавництво Сталь", 2012. - 235 с.

3. Кравець В.Г. Розвиток комбінованого методу відділення монолітів від масиву гірських порід / В.Г. Кравець, К.К. Ткачук, А.Л. Ган, Т.В. Гребенюк, О.М. Цьохла // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». – 2010. – Вип. 19. – С. 69 – 78.

4. Зуєвська Н.В. Вплив технології видобування природного каменю на його міцнісні характеристики // Збірник наукових праць «Проблеми гірського тиску» – ДВНЗ «ДонНТУ», 2012. - №1(20) - 2(21). - С. 3 – 9.

5. Коробійчук В.В. Управління якістю каменю блоків декоративного каменю за допомогою кваліметричних та інформаційно-комп'ютерних технологій: Дис. канд. тех. наук: 05.15.03. - Житомир, 2008. - 230 с.

6. Коробійчук В.В., Котенко В.В. Вплив бурових робіт на якість первинного моноліту при його відокремленні від масиву // Вісник ЖІТІ / Технічні науки. - 2008. - №4. – С. 160-166.

7. Миронов В.Л. Основы сканирующей микроскопии: Учебное пособие. - Нижний Новгород: Институт физики и микроструктуры РАН, 2004. – 114 с.

8. Находкін М.Г., Шека Д.І. Фізичні основи мікро- та наноелектроніки: Підручник – К: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2005 – 431 с.

УДК 679.861+553.612

Ващук О.М., асп., Шлапак В.О., ст.викл., Соболевський Р.В., к.т.н., доц., Житомирського державного технологічного університету

ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ВАРІОГРАМ ДЛЯ ВІДОБРАЖЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ МІНЛИВОСТІ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ВЕЛИКО-ГАДОМИНЕЦЬКОГО РОДОВИЩА ПЕРВИННИХ КАОЛІНІВ

В статті розроблена методика оцінки якості підбору моделі варіограми та обґрунтовано оптимальні параметри моделі просторового розподілу якісних характеристик Велико-Гадоминецького родовища первинних каолінів.

В статье разработана методика оценки качества подбора модели вариограммы и обоснованы оптимальные параметры модели пространственного распределения

качественных характеристик Велико-Гадоминецкого месторождения первичных каолинов.

The paper developed a methodology quality assessment model selection and proved optimal variogram model parameters spatial distribution of the qualitative characteristics of Veliko Gadominetskogo primary kaolin deposits.

Вступ. Надійність геостатистичних рішень залежить від правильно обраної моделі конкретної варіограми і прийнятих параметрів даної моделі, які мають відповідати характеру і особливостям просторової мінливості геологічної змінної. Значення варіограми безпосередньо входять в систему рівнянь, яку обчислюють для отримання оцінки методом кріге. Щоб скласти цю систему, потрібні значення варіограми для будь-яких просторових орієнтацій. Для цього використовують теоретичну модель варіограми, спеціальним чином побудовану на основі експериментальної варіограми.

Для використання варіограми в процесі оцінювання до неї повинна бути підібрана математична модель, яка б гарантувала, що дисперсія будь-якої лінійної комбінації не стала від'ємною, так як система рівнянь крігінга має єдине рішення при позитивній визначеності коваріації [1].

Аналіз літературних джерел. У [2] представлені такі індекси якості підбору моделей варіограм: індекс вагових найменших квадратів, індикатор Крессі, індекс якості підбору, що використовується в програмному забезпеченні Variowin, інформаційний критерій Акайк. Метод перехресної перевірки для оцінки значень параметрів, розглядається у [3] і використовується у програмному забезпеченні Датамайн-Студіо і ArcGIS 10.1 [4] був запропонований у 1976 р. П. Дельфінером.

Мета роботи. Дослідити і проаналізувати існуючі теоретичні моделі варіограм, їх параметри, оцінити методи перевірки підбору теоретичних моделей варіограм для експериментальних варіограм для умов Велико-Гадоминецкого родовища первинних каолінів.

Матеріали і результати досліджень. При безпосередньому підборі форми і параметрів моделі необхідно оцінити її якість, яка визначається близькістю до експериментальної варіограми - візуальною подібністю. Оптимальна модель варіограми визначалася із наступного ряду відомих видів: сферична, експоненціальна, гауссова, логарифмічна, кубічна, квадратична, степенева, пентасферична, раціонально-квадратична, нагет-ефект.

Експериментальну варіограму зазвичай обчислюють, використовуючи наступну формулу:

$$\gamma^* = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h) - Z(x_i)]^2$$

де x_i - місце розташування проб, $Z(x_i)$ - їх значення і $N(h)$ - кількість пар проб ($x_i, x_i + h$), розділених відстанню h .

Сферична модель [5], за допомогою якої може бути описано більшість експериментальних функцій, має вигляд:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left(\frac{1,5h}{A} - \frac{0,5h^3}{A^3} \right) \quad \text{при } h \leq A$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 = C \quad \text{при } h > A$$

$$\gamma(0) = 0,$$

де: A - зона впливу, м; C_0 - ефект самородків; $C = C_0 + C_1$ - поріг варіограми.

Функція досягає порогу на відстані $h = A$, а при $h > A$ залишається рівною C . Дотична, проведена до цієї функції від початку координат, перетинає лінію порога на відстані $h = 2A / 3$ від початку координат.

Експоненціальна модель схожа на сферичну, але має більш пологий характер і досягає порогу на відстані $h = 3A$. Дотична до функції від початку координат перетинає поріг при $h = A$. Рівняння функції:

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[1 - \exp\left(-\frac{h}{A}\right) \right].$$

Модель Гаусса має параболічну поведінку на початку координат і рідко використовується на практиці (в основному для характеристики слабо мінливих масивів з великою кількістю проб). Поріг тут досягається тільки умовно. Для малих відстаней іноді можна сплутати параболічну частину цієї функції з ефектом тренда.

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left[1 - \exp\left(-\frac{h^2}{A^2}\right) \right].$$

Безпорогові моделі найчастіше представлені степеневою ($f(x) = C(x^A)$), лінійною і логарифмічною ($f(x) = C(\log x)$) функціями.

З моделей з періодичним ефектом можна згадати базову синусоїдальну модель - одну з рідкісних моделей зі свертловинним ефектом в тривимірному просторі, яка відповідає дуже безперервним структурам. Її рівняння має вигляд:

$$\gamma(h) = C \left(1 - \frac{\sin r}{|r|} \right),$$

де: $r = h/a$ (в радіанах).

Індекси якості апроксимації є функціями різниці між значенням експериментальної варіограми $\gamma(h_i)$ для i -го лага h і значенням моделі варіограми $\gamma^*(h_i, \lambda)$ для лага h_i і набору параметрів моделі λ (C_0, C, a). Наведемо кілька критеріїв, які застосовуються в геостатистиці [2].

Індекс зважених найменших квадратів:

$$I_{wls} = \sum_{i=1}^k W(i) [\gamma^*(h_i, \lambda) - \gamma(h_i)]^2.$$

Підсумовування проводиться за кількістю лагів експериментальної варіограми k . Якщо ваги $W(i) = 1$, то цей метод вироджується у звичайний метод найменших квадратів, який передбачає, що нев'язки між експериментальною варіограмою і модельними значеннями незалежні, нормально розподілені і мають одну і ту ж варіацію. Це досить сильне припущення, воно не завжди дотримується на практиці.

Індекс Крессі:

$$I_C = \sum_{i=1}^k \frac{N(h_i)}{[\gamma^*(h_i, \lambda)]^2} [\gamma^*(h_i, \lambda) - \gamma(h_i)]^2.$$

де $N(h_i)$ - число пар точок, за якими обчислювалося значення для лага.

Ваги для індексу Крессі залежать від кількості пар в лагу варіограми, яке визначається при побудові експериментальної варіограми.

Індикатор Крессі може мати модифікований варіант:

$$I_C = \sum_{i=1}^k \frac{N(h_i)}{h_i^2} [\gamma^*(h_i, \lambda) - \gamma(h_i)]^2.$$

Ваги для модифікованого індексу залежать безпосередньо від відстані між точками в лагу. Модифікований індекс дає близькі індексом Крессі результати на малих відстанях лага. Для великих відстаней модифікований індекс більш стійкий в порівнянні з оригінальним індексом Крессі.

Індекс якості підбору, що використовується в програмі VARIOWIN:

$$I = \frac{1}{P} \sum_{k=1}^P \sum_{i=0}^{n(k)} \frac{N(h_i)}{h_i} \left[\frac{\gamma(h_i) - \gamma^*(h_i, \lambda)}{\sigma^2} \right]^2,$$

де $h_{\max}(k)$ - максимальна довжина лага для k -го напрямку; $N(h_i)$ - число пар точок, за якими обчислювалося значення для лага; n -число лагів; σ^2 - варіація оцінки варіограми; P - число напрямків, які беруть участь у підборі параметрів моделі.

Значення цього критерію прагне до нуля при поліпшенні якості підбору. Тому критерій може використовуватися як для варіограми в одному напрямку, так і для одночасного підбору параметрів варіограм по декількох напрямках.

Інформаційний критерій Акайк:

$$I_{AKK} = k \ln \left(\frac{\sum_{i=1}^k [\gamma(h_i) - \gamma^*(h_i)]^2}{k} \right) + 2p,$$

де p — число параметрів в моделі.

Інформаційний критерій Акайк враховує також складність моделі варіограми. Моделі з великим числом параметрів при тій же якості відповідності отримують більш високе значення критерія відповідно до принципу Оккама.

Всі вищенаведені індекси характеризуються складністю їх обрахунку і в деяких випадках низькою адекватністю оцінки достовірності моделі варіограми. Зваживши на те, що адекватність параметрів моделі варіограми найбільш достовірно характеризується площею фігури, контурами якої є експериментальна та модельна варіограми. З врахуванням вищенаведених міркувань площинний критерій матиме наступний вигляд:

$$I_S = 0,25 \sum_{k=1}^P \left(\sum_{i=1}^n \gamma_i(h_{i-1} - h_{i+1}) + \sum_{i=1}^n h_i(\gamma_{i+1} - \gamma_{i-1}) \right);$$

де n – число лагів; P - число напрямків, які беруть участь у підборі параметрів моделі.

Значення площинного критерію для різних моделей при одному спільному напрямку для умов Велико-Гадоминецького родовища первинних каолінів наведено у табл.1. Також було досліджено залежність окремих елементів моделі варіограми: Значення величини нагетт-ефекту (самородка) C_0 (табл.2), величини Sill (порогу)(табл.3) та величини Range (діапазону) (табл.4).

Таблиця 1

Значення площинного критерію для різних моделей при одному спільному напрямку

№ п.п.	Модель	C_0	Scale	Length (A)	Площа, од.кв	Площинний критерій
1	Сферична	0,015	0,1240	688	804,00	1,87
2	Експоненціальна	0,013	0,1280	295	674,32	1,57
3	Гауссова	0,019	0,1230	350	863,80	2,01
4	Логарифмічна	0,020	0,0387	45	430,21	1
5	Кубічна	0,018	0,1215	805	883,16	2,05
6	Квадратична	0,011	0,1290	797	786,11	1,83
7	Степенева	0,006	0,1190	810	469,62	1,09
8	Пентасферична	0,012	0,1260	842	801,43	1,86
9	Раціонально-квадратична	0,018	0,1290	252	691,51	1,61
10	Нагетт - ефект	0,019	0,1120	145	1209,68	2,81

Таблиця 2

Значення величини нагетт-ефекту C_0 (самородка) з розподілом по напрямках і моделям варіограм

Модель	Параметр	Дирекційний кут, град								Середнє
		90	67,5	45	22,5	0	337,5	315	292,5	
Гауссова	C_0	0,002	0,001	0,008	0,019	0,004	0,024	0,025	0,023	0,013
Експоненціальна		0,001	0,002	0,003	0,013	0,003	0,011	0,024	0,022	0,01
Логарифмічна		0,007	0,005	0,019	0,02	0,003	0,02	0,021	0,023	0,015
Степенева		0,002	0,001	0,001	0,006	0,006	0,001	0,001	0,002	0,003
Сферична		0,005	0,003	0,004	0,015	0,005	0,019	0,018	0,021	0,011

Таблиця 3

Значення величини Sill (порогу) з розподілом по напрямках і моделям варіограм

Модель	Параметр	Дирекційний кут, град								Середнє
		90	67,5	45	22,5	0	337,5	315	292,5	
Гауссова	Поріг (Sill)	0,106	0,128	0,13	0,123	0,129	0,09	0,075	0,073	0,107
Експоненціальна		0,117	0,138	0,144	0,128	0,142	0,11	0,075	0,07	0,116
Логарифмічна		0,033	0,044	0,043	0,039	0,04	0,033	0,025	0,022	0,035
Степенева		0,095	0,115	0,127	0,119	0,117	0,108	0,093	0,091	0,108
Сферична		0,103	0,125	0,131	0,124	0,126	0,097	0,084	0,074	0,108

Таблиця 4

Значення величини Range (діапазону) з розподілом по напрямках і моделям варіограм

Модель	Параметр	Дирекційний кут, град								Середнє
		90	67,5	45	22,5	0	337,5	315	292,5	
Гауссова	Діапазон (Range)	394	362	375	350	337	254	283	302	332
Експоненціальна		384	384	342	295	358	280	216	216	309
Логарифмічна		51	62	61	45	38	49	41	39	48
Степенева		854	891	852	810	782	833	867	794	835
Сферична		897	904	705	688	701	694	602	635	728

Таблиця 5

Значення площі відхилення точок експериментальної варіограми від теоретичної з розподілом по напрямках і моделям варіограм

Модель	Параметр	Дирекційний кут, град								Середнє
		90	67,5	45	22,5	0	337,5	315	292,5	
Гауссова	Площа відхилення (од.кв.)	2254	3267	3312	2267	3489	2336	2274	1904	2638
Експоненціальна		1685	2585	2419	2178	3083	2158	2150	1869	2266
Логарифмічна		1502	2128	1833	1383	2557	1847	1861	1635	1843
Степенева		1703	2327	1704	1496	2697	1803	1750	1610	1886
Сферична		2143	3133	3134	2578	3398	2378	2197	1811	2597

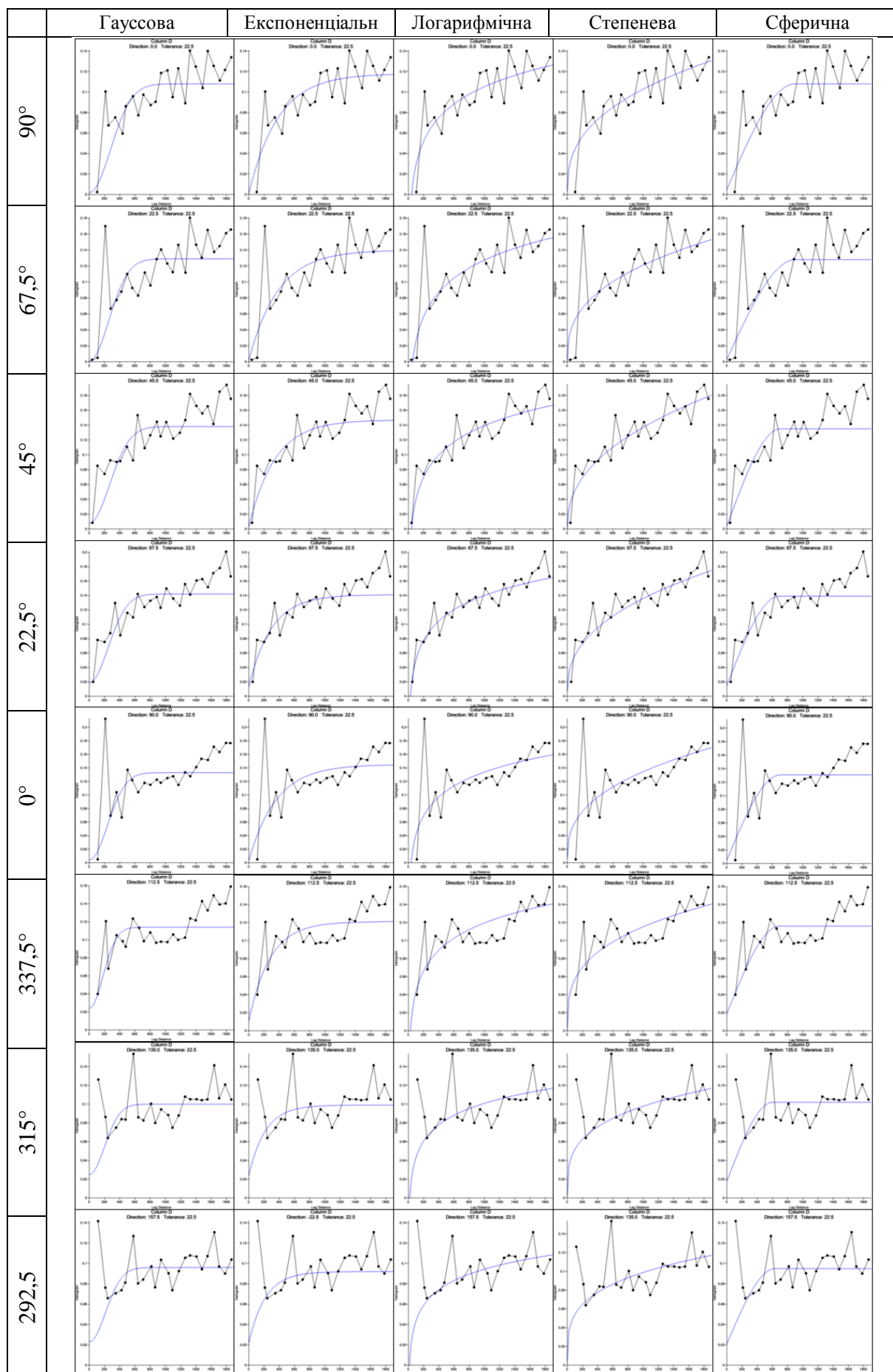
Таблиця 6

Значення площинного критерію з розподілом по напрямках і моделям варіограм

Модель	Параметр	Дирекційний кут, град								Середнє
		90	67,5	45	22,5	0	337,5	315	292,5	
Гауссова	Площа приведена до найменшого значення	1,50	1,54	1,81	1,64	1,36	1,26	1,22	1,16	1,44
Експоненціальна		1,12	1,22	1,32	1,58	1,21	1,17	1,16	1,14	1,24
Логарифмічна		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Степенева		1,13	1,09	0,93	1,08	1,05	0,98	0,94	0,98	1,02
Сферична		1,43	1,47	1,71	1,86	1,33	1,29	1,18	1,11	1,42

Таблиця 7. Оцінка якості варіограм різних моделей за основними напрямками

Таблиця 7. Оцінка якості варіограм різних моделей за основними напрямками



Значення площі відхилення точок експериментальної варіограми від теоретичної з розподілом по напрямках і моделям варіограм наведені у табл.5, використувались для визначення площинного критерію з розподілом по напрямках і моделям варіограм (табл.6), які представлені у табл.7.

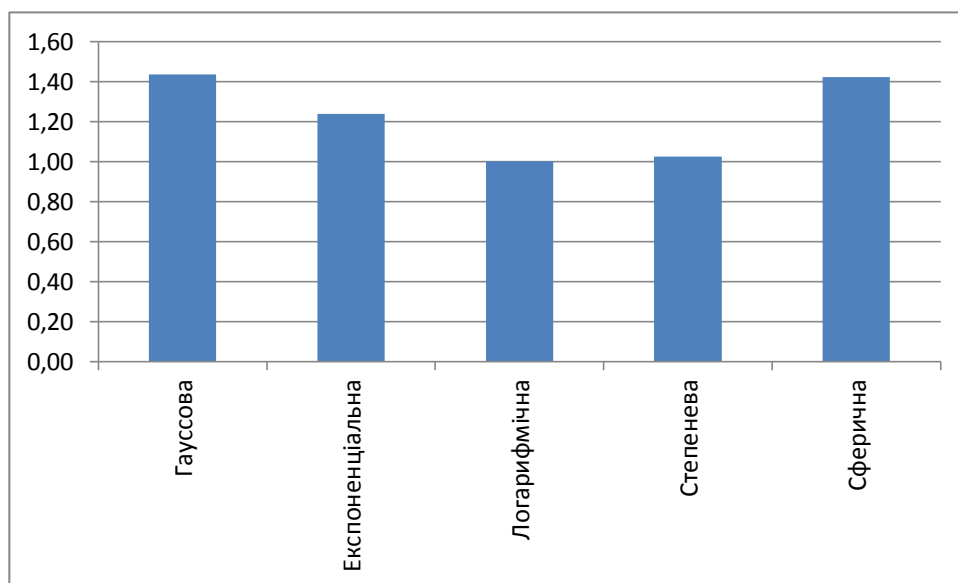


Рис.1. Гістограма площинного критерію з врахуванням основних напрямків з кроком кута пошуку (tolerance) 22,5°

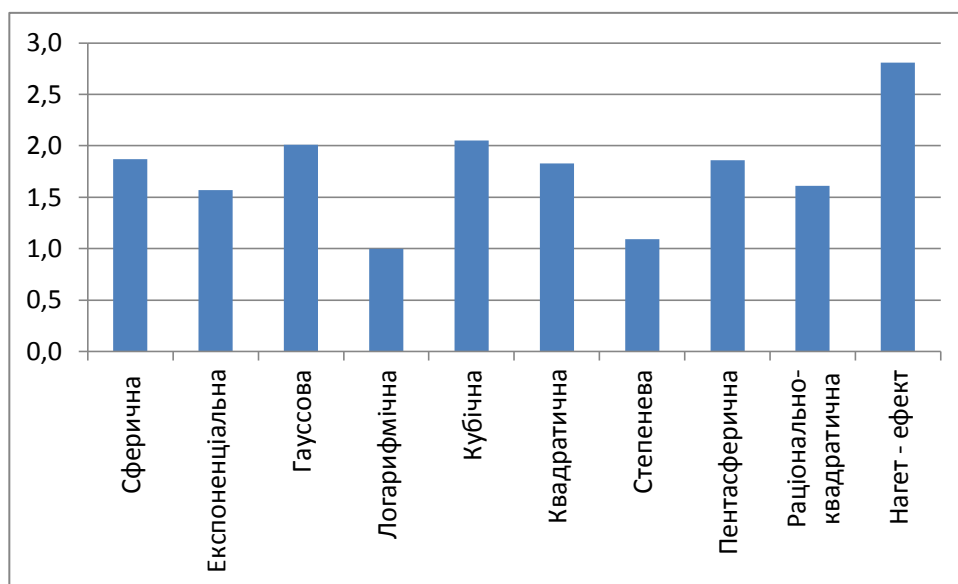


Рис. 2. Гістограма площинного критерію основних існуючих теоретичних моделей варіограм за дирекційним кутом 22,5°

Зведені результати досліджень площинного критерію з врахуванням основних напрямків з кроком кута пошуку (tolerance) 22,5° та основних існуючих теоретичних моделей варіограм за дирекційним кутом 22,5° наведені на рис.1 та рис.2 відповідно.

Аналіз одержаних результатів показав, що для основних напрямків найбільш вдалими були логарифмічна, ступенева та експоненціальна, в той час при фіксації напрямку за дирекційним кутом 22,5° відбулось незначне зростання ступеневої (близько 10%) та значне експоненціальної (25%). Отже можна впевнено констатувати перевагу

логарифмічної моделі варіограми для Велико-Гадоминецького родовища первинних каолінів, яка характеризується мінімальними значеннями площинного критерію та характеризується максимальною стійкістю до вибраного напрямку дослідження.

Бібліографічний список

1. Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики / Ж. Матерон. – Изд. ИКИ, 2009. – 460 с.
2. В.В. Демьянов. Геостатистика: теория и практика / В.В. Демьянов, Е.А. Савельева ; под ред. Р.В. Арутюняна; Ин-т проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. — М. : Наука, 2010. — 327 с.
3. Капутин Ю.Е. Моделирование месторождений и оценка минеральных ресурсов с использованием студии 3 / Капутин Ю.Е.. Учебный курс. Санкт-Петербург. – 2007. – 188 с.
4. ArcGIS Resources. Выполнение проверки и перекрестной проверки. - Режим доступа: <http://resources.arcgis.com/ru/help/main/10.1/index.html#//003100000059000000>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
5. А.А. Савельев. Геостатистический анализ данных в экологии и природопользовании (с применением пакета R): Учебное пособие / А.А. Савельев, С.С. Мухарамова, А.Г. Пилюгин, Н.А. Чижикова. – Казань: Казанский университет, 2012. – 120 с.
6. Дюбрул О. Использование геостатистики для включения в геологическую модель данных / Дюбрул О. Изд-во SEG, EAGE, 2002. - 296 с.
7. Сонкин Л.С. Отчет о геологоразведочных работах, проведенных в 1970-1977 гг. на Велико-Гадоминецком месторождении первичных каолинов (кн. I). – Киев : Кировгеология, 1977. – 300 с.

УДК 624.131

Маг. Кудрик О.В., маг. Йожиков А.В., НТУУ “КПІ” ІЕЕ, м. Київ, Україна, CREATOR@ua.fm, a4857979@gmail.com

СПОСІБ УЩІЛЬНЕННЯ ГРУНТІВ ВИБУХОМ

У статті наведено основні методи ущільнення ґрунтів: поверхневі та глибинні. Більш детально розглянуто метод ущільнення ґрунту вибухом. Наведено технологію проведення даного методу.

The article show the main methods of soil compaction: surface and deep. In detail tell about the method of compaction explosion and a schematic flowsheet for this method.

Одна з найважливіших операцій на будівництві будь-якої земляної споруди - ущільнення. Від якості виробництва цієї операції залежать не тільки міцність, стійкість, водонепроникність споруди, а й рівність покриття, термін його служби і безпеку руху. Недоущільнення веде до численних пошкоджень дорожніх покриттів на нових дорогах, а отже, до непродуктивних витрат людських, матеріальних і енергетичних ресурсів Так, витрати на його здійснення складають всього 0,7-1,0% загальної вартості будівництва.

Методи ущільнення ґрунтів поділяються на поверхневі, коли ущільнюючий вплив прикладається з поверхні ґрунту, і глибинні - при передачі ущільнюючого впливу по всій або по певній глибині масиву ґрунту.

Поверхнєве ущільнення:

а) *укочування* - для всіх видів піщаних, глинистих, великоуламковим ґрунтів на вільних ділянках і при великому фронті робіт, забезпечуючи маневреність механізмів. Використовується для пошарового ущільнення при спорудженні ґрунтових подушок, насипів, земляних споруд різного призначення. Здійснюється самохідними котками на пневматичному ході, навантаженими скреперами, автомашинами, тракторами;

б) *трамбують машинами безперервної дії* - для всіх ґрунтів, в обмежених умовах, при обмеженому фронті робіт для зведення зворотних засипок котлованів, траншей, засипки пауз поблизу підземних конструкцій, в місцях примикання земляних споруд до конструкцій. Трамбуючі машини: самохідні на базі трактора, самохідні причіпні віброкотки, підвісні на крані віброплити та вібротрамбовки. Трамбування пов'язано з ударами робочого органу по ґрунту. Ущільнення здійснюється під впливом ударної енергії;

в) *важкими трамбівками* - вільне скидання з крана-екскаватора з висоти 5-10м трамбівок діаметром 1,4-3,5 м і вагою 40-150кг. Для всіх видів ґрунтів в природному заляганні, знову відсипаних при підготовці підстав під фундамент, спорудженні ґрунтових подушок, насипів, зворотних засипок котлованів;

г) *витрамбовування котлованів під фундамент* - скидання в одне місце з висоти 4-8 м трамбівки 15-100кг, маючі форму майбутнього фундаменту. Застосовуються в просадних лесових, глинистих ґрунтах, водонасичених, маловологих пілуватих, дрібних піщаних ґрунтах. Застосовується навісне обладнання до крана-екскаватора зі стрілою.

Глибинне ущільнення:

а) *пробивання свердловин* - ударним снарядом пробивають свердловини з витісненням ґрунту в сторони і створенням ущільнених зон, потім їх засипають місцевим ґрунтом з пошаровим ущільненням снарядом. Застосовується в просадних лесових і насипних глинистих ґрунтах з коефіцієнтом вологості 0,3-0,7. Для пробивання застосовують верстати ударно-канатного буріння / навісне обладнання до крана-екскаватора;

б) *вібраційне і віброударне ущільнення* - в пухких піщаних ґрунтах на глибині 1,5 м в умовах природного залягання, при укладанні ґрунту в насипи, зворотній засипці пауз котлованів. Застосовують віброустановки, гідровібраційні установки, глибинні вібратори.

в) *вибухами* - одночасне підривання у водному / ґрунтовому середовищі встановлених за певною сіткою на деякій глибині від поверхні зарядів. Ущільнення підводними вибухами - у просадних лесових ґрунтах, пухких піщаних і глинистих ґрунтах; г) *замочуванням* - у просадних ґрунтах. Для повного усунення просідання застосовується в комплексі з ущільненням важкими трамбівками, вибухами, влаштуванням ґрунтових подушок.

Нами було розглянуто спосіб зміцнення масиву ґрунтів вибухом. Ущільнення стискуваних порід вибухом. У пластичних гірських породах (наприклад, глинах) динаміка вибуху навантаження призводить до незворотного їх стиснення. Це відбувається в основному завдяки перепакуванню частинок скелета. Практичне застосування вибухового ущільнення нескільних порід дуже різноманітне. За допомогою вибуху, який стискає ґрунт, споруджують гірничі виробки без вилучення породи. Отримані порожнини в надрах використовують як шурфи для розвідки родовищ, стволи для вентиляції неглибоких шахт, сховища для нафти, газу, ємності для захоронення шкідливих промислових відходів тощо. Для утворення циліндричного вироблення по її осі бурять свердловину, яку заповнюють вибуховими речовинами на всю довжину і підривають. Вироблення еліптичної форми отримують підриванням двох паралельно розташованих подовжених зарядів. Для утворення сферичної порожнини підривають зосереджений заряд. При будівництві доріг через торф'яні болота за допомогою вибуху виробляють посадку насипів на мінеральне дно боліт. У момент вибуху трясина під піщаним відсипанням віджимається в сторони - насип опускається на мінеральне дно. Ефективним засобом збільшення міцності основи споруд є вибуховий метод ущільнення просадних і водонасичених незв'язаних ґрунтів. Розрідження ґрунту відбувається через зникнення значної частини контактів між частинками скелета після проходження хвилі стиснення.

Через певний час (години, дні) після розрідження вибухом починається консолідація твердих частинок і ущільнення ґрунту. З несформованого при цьому осаду витісняється вода, і він набуває стійку структуру. Використовуючи ці властивості ґрунтів, будують земляні споруди в заболочених районах.

При ущільненні вибухом просядних ґрунтів (супіски , суглинки , галечник і т.п.) застосовують методи глибинних , поверхневих і підводних вибухів.

Установка підвісних зарядів за допомогою вибуху змінюють фільтраційні властивості ґрунтів, що особливо важливо для іригаційних споруд (наприклад, зменшення у декілька разів швидкості фільтрації в руслах, складених супісками, суглинками, галечниками). За рахунок розпушування ґрунтів вибухом збільшується їх проникність, що використовується для відновлення водовіддачі водоносних горизонтів через свердловини, плантажу ґрунтового шару. Для відновлення водовіддачі безнапірних водоносних горизонтів і підвищення продуктивності низькодебітних свердловин застосовують вибухові торпеди, що виготовляються з детонуючого шнура в водонепроникній оболонці). Для термогазохімічної обробки продуктивних пластів спалюють порохові заряди. Освічені вибухом тріщини сприяють регулюванню вмісту води в ґрунті.

Спосіб зміцнення масиву ґрунтів, в якому за рахунок буріння свердловин за площею масиву блоками, розміщення в кожній з них в усті послідовно кумулятивного заряду вибухової речовини і термічного заряду вибухової речовини з підвищеною теплою вибуху, відповідності діаметра устя свердловини діаметру зарядів і перевищення його діаметра відносно діаметра основної частини свердловини, ініціювання кумулятивного заряду вибухом термічного заряду з підвищеною теплою вибуху, забезпечується технічний результат - спрощення технології та обладнання для випалювання і зміцнення масиву ґрунтів і, відповідно, зниження на 35-40 % вартості робіт по зміцненню масиву, а також підвищення міцності масиву за рахунок одночасного ущільнення і випалювання ґрунту під час вибуху кумулятивного і термічного зарядів.

Поставлене завдання розв'язується тим, що в способі зміцнення масиву ґрунтів, який включає буріння ряду свердловин, розміщення в них подовжених зарядів речовини і здійснення одночасного вибуху зарядів, свердловини бурят за площею масиву блоками, з розміщенням в кожній з них в усті послідовно кумулятивного заряду вибухової речовини і термічного заряду вибухової речовини з підвищеною теплою вибуху, причому діаметр устя свердловини відповідає діаметру зарядів і перевищує діаметр основної частини свердловини, а вибух термічного заряду вибухової речовини з підвищеною теплою вибуху ініціює кумулятивний заряд. У прототипі, в масиві ґрунту бурят ряд свердловин, розміщують в них подовжені заряди, одночасно висаджують їх, а потім свердловини герметизують, встановлюють в них спеціальні форсунки, через які в свердловини подають під тиском і спалюють горючі суміші, внаслідок чого здійснюється випалювання масиву ґрунту. Таке технічне рішення вимагає значних трудовитрат і грошей і не забезпечує досягнення поставленої мети - надійного зміцнення масиву ґрунтів, оскільки зміцнення масиву здійснюється рядами свердловин і між процесом ущільнення ґрунту вибухом і випалюванням існує певний часовий інтервал. Замість цього, передбачене буріння свердловин за площею масиву блоками, розміщення зарядів в усті свердловини - послідовно кумулятивного заряду вибухової речовини і термічного заряду вибухової речовини з підвищеною теплою вибуху, причому для забезпечення ефективності дії кумулятивного заряду діаметр устя свердловини відповідає діаметру зарядів і перевищує діаметр основної частини свердловини, а вибух термічного заряду вибухової речовини з підвищеною теплою вибуху ініціює кумулятивний заряд. В результаті виключаються властиві прототипу операції: розміщення заряду вибухової речовини по всій довжині свердловини, герметизація свердловини після вибуху і розміщення в ній спеціальних форсунок, подача в свердловину горючої суміші і спалювання її з нагнітанням горючих газів в свердловину під тиском, а після закінчення цих робіт - демонтаж обладнання. У

результаті максимально спрощується технологія, знижується вартість робіт і забезпечується надійне зміцнення масиву ґрунтів. Порівняльний аналіз рішення з прототипом дозволяє зробити висновок, що запропонований спосіб відрізняється від відомого такими операціями: бурінням свердловин за площею масиву блоками, розміщенням в кожній з них в усті послідовно кумулятивного заряду вибухової речовини і термічного заряду вибухової речовини з підвищеною теплою вибуху, причому діаметр устя свердловини відповідає діаметру зарядів і перевищує діаметр основної частини свердловини, а вибух термічного заряду вибухової речовини з підвищеною теплою вибуху ініціює кумулятивний заряд. Таким чином, цей спосіб, відповідає критерію "новизна". На рис.1 зображено загальний вид масиву, на рис.2 - вид А по рис.1, на рис.3 - вузол А по рис.1.

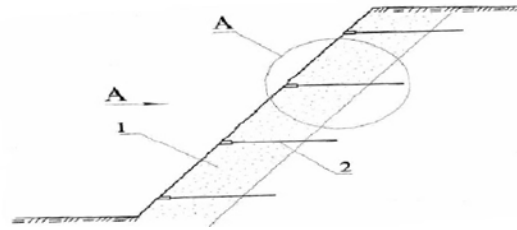


Рис.1 Загальний вид масиву

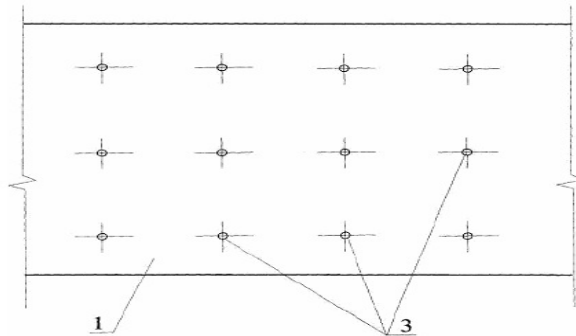


Рис. 2 Вид А по рис.1

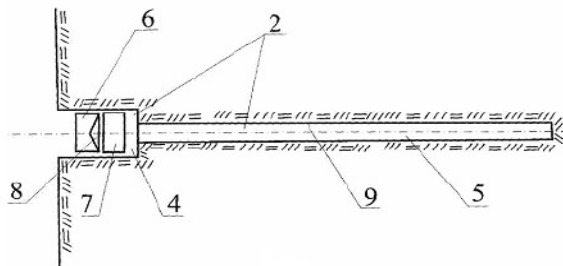


Рис. 3 Вузол А по рис.1.

Спосіб зміцнення масиву ґрунтів здійснюється в такий спосіб. З поверхні, в масиві ґрунтів (1) бурят свердловини (2), з компоновкою їх по 9-15 штук блоками (3). Відстань між свердловинами і їх глибину визначають розрахунком, виходячи з фізико-хімічних властивостей ґрунту. При цьому свердловина конструктивно складається з двох частин - устя (4), діаметром 200-250мм і основної частини (5) діаметром 50-100мм. В усті (4) свердловини (2) розміщують послідовно кумулятивний заряд (6) вибухової речовини і термічний заряд (7) вибухової речовини з підвищеною теплою вибуху, наприклад, гексогену, при цьому кумулятивна виїмка (8) заряду (6) направлена у бік термічного заряду (7). У такий спосіб заряджають всі свердловини (2) блока (3) й одночасно висаджують в них кумулятивні заряди (6). У процесі вибуху кожного кумулятивного заряду (6) його кумулятивна виїмка (8) формує високошвидкісний струмінь, який прошиває термічний заряд (7), ініціює його вибух, захоплює продукти вибуху термічного заряду (7), що мають енергію 5,4МДж і температуру в декілька тисяч градусів, і направляє

їх в основну частину (5) свердловини (2), де під впливом продуктів вибуху кумулятивного (6) і термічного зарядів (7) відбувається одночасно ущільнення стінок (9) свердловин (3). Далі, аналогічним способом готують і зміцнюють масив ґрунтів наступного блока.

Запропонований спосіб забезпечує надійне зміцнення масиву ґрунтів, з мінімальними трудовими і вартісними витратами завдяки тому, що:

1. Масив зміцнюють блоками.
2. Одночасно, без тимчасового інтервалу, здійснюють ущільнення і випалювання масиву в зоні розташування свердловин.
3. Не потрібне спеціальне обладнання.

Бібліографічний список

1. Неклюдов М. Д., Довідковий посібник з механізованого ущільнення ґрунтів, М., 1965.
2. Канін В.О., Пащенко О.В., Філатов В.Ф., Анциферов А.В. Спосіб зміцнення масиву ґрунтів, 10.10.2007, номер патенту 26978.

УДК 624.131

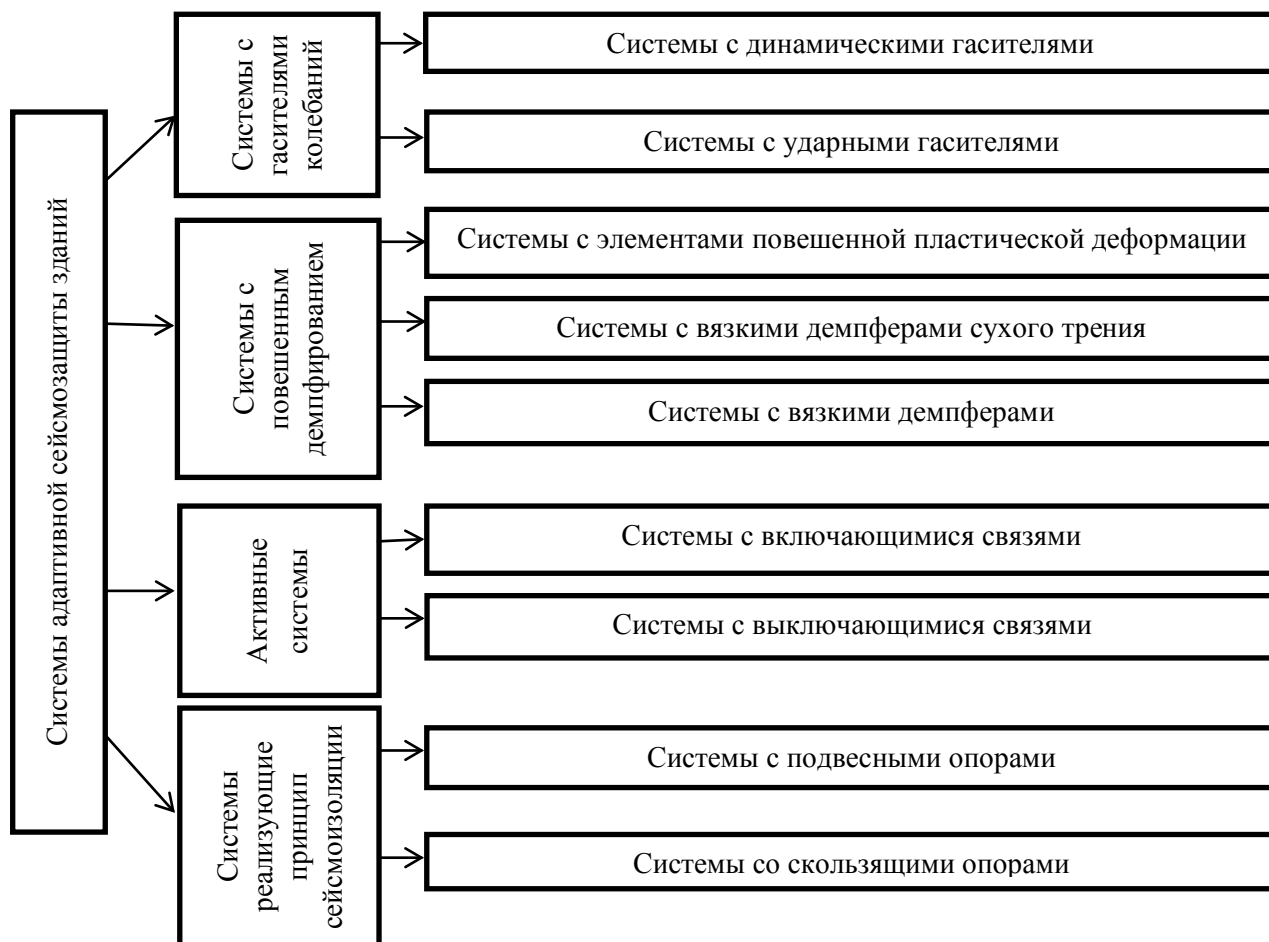
Ситор В.А., студ., Пазюк Р. А., маг., Вапничная В.В., к.т.н., доц. НТУУ "КПІ", г. Киев

СИСТЕМЫ АДАПТИВНОЙ СЕЙСМОЗАЩИТЫ, РЕАЛИЗУЮЩИЕСЯ НА ПРИНЦИПЕ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ

Вступление. Каждая из представленных групп может быть разделена на несколько подгрупп, объединяющих системы сейсмозащиты по принципам конструктивной реализации или характеру динамического взаимодействия с защищаемой конструкцией сооружения. В таблице 1 приведена схематичная классификация систем активной сейсмозащиты, учитывающая вышеуказанные принципы разделения по группам. Данная классификация, включающая основные системы сейсмозащиты, не охватывает все возможные методы активной сейсмозащиты, и является в некоторой степени условной. Кроме того, возможно применение комбинированных систем сейсмозащиты, объединяющих две или более из вышеуказанных систем, что позволяет более полно использовать положительные свойства каждой отдельной системы и уменьшить влияние их отрицательных свойств.

Большинство из представленных ниже методов сейсмозащиты позволяет снизить сейсмическую реакцию сооружений в два- три раза, что дает возможность вести проектирование с расчетной сейсмичностью на балл ниже. Как правило, каждая система сейсмозащиты имеет определенную область применения, зависящую от основной конструкции зданий, его этажности и характеристик возможных землетрясений.

Решая вопрос о применении сейсмозащиты, необходимо учитывать, что достаточно серьезные работы по исследованию активных систем сейсмозащиты начаты сравнительно недавно. Полученные в результате проведенных исследований данные еще не достаточны, чтобы делать окончательные выводы об их эффективности и надежности.



К системам сейсмоизоляции предъявляются следующие требования:

- снижение сейсмических сил до определенного уровня;
- обеспечение низкого уровня ускорений горизонтальных колебаний здания при сейсмических воздействиях;
- предотвращение усиления вертикальных колебаний здания при соответствующих колебаниях грунта;
- обеспечение удовлетворительной адаптации зданий при больших смещениях, имеющих место при сильных землетрясениях;
- обеспечение общей устойчивости сооружения при землетрясении;
- обеспечение надежности работы в течение длительного времени под действием силы тяжести сооружения, при ветровом воздействии и при деформации основания;
- соблюдение требований, предъявляемых к материалам из которых изготавливаются элементы сейсмоизоляции и долговечность которых проверена на практике;
- обеспечение в случае необходимости легкой заменяемости, элементов системы сейсмоизоляции.

Системы сейсмоизоляции предусматриваются между фундаментом и надземными конструкциями сооружения или в конструкции фундамента (между верхней и нижней фундаментными плитами).

Сейсмоизоляция сооружений

Самым старым и одним из наиболее перспективных методов активной сейсмозащиты является сейсмоизоляция. Сейсмоизоляцией называется существенное снижение сейсмического воздействия на часть сооружения, расположенную выше

фундамента, путем установки каких-либо систем или элементов между этой частью сооружения и фундаментом.

Опишем несколько примеров, реализующих принцип сейсмоизоляции.

1. Системы с гибкой нижней частью несущей конструкции здания

Резинометаллические опоры

Расчет зданий с гибким первым этажом необходимо выполнять с учетом волнового характера сейсмического воздействия, так как возможны ситуации, когда суммарные сейсмические усилия в некоторых частях здания с гибким первым этажом могут за счет интенсивных вращательных движений даже возрасти по сравнению с обычным зданием.

Одним из направлений сейсмоизоляции, получившим довольно широкое распространение в Англии, Франции, США и Новой Зеландии, является использование резинометаллических опор, устанавливаемых между несущими конструкциями здания и фундаментом. Первоначально такие опоры нашли широкое применение при конструировании сейсмостойких опор мостов, а затем с некоторой доработкой стали применяться и для сейсмоизоляции зданий. Так, опоры системы GAPEC (Франция) имеют слоистую конструкцию и состоят из попеременно чередующихся стальных листов и неопрена. Для предотвращения чрезмерной осадки зданий под нагрузкой от собственного веса опоры выполняют жесткими в вертикальной плоскости. В то же время они обладают малой жесткостью в горизонтальной плоскости (в 100 раз меньше ее жесткости в вертикальной плоскости), чтобы обеспечить возможность упругого бокового перемещения. Опоры обладают высокой прочностью при сжатии, растяжении и кручении благодаря упругим свойствам неопрена. В результате ряда принятых мер срок службы опоры, по данным авторов этой конструкции, достигает приблизительно 50 лет.

Данный тип сейсмоизолирующих опор был использован при строительстве школьного трехэтажного крупнопанельного здания размером в плане 77,5х30,5 м в г. Ламбек (Франция). Система сейсмозащиты предусматривала устройство 152 сейсмоизоляторов.

Устройство системы сейсмоизоляции с помощью резинометаллических опор не требует применения специальных конструкций зданий, однако предусматривает выполнение определенных правил при проектировании. Опоры устанавливают под колоннами или в местах пересечения несущих стен. При отсутствии подземного помещения резинометаллические опоры устанавливают на отдельно стоящие фундаментные плиты, постоянное расстояние между которыми во время возможного землетрясения обеспечивается достаточно жесткими соединительными фундаментными балками. При наличии подземного этажа опоры размещают на капители колонн подземной части здания, также соединенные между собой жесткими фундаментными блоками (рис. 1).

Для ограничения вертикальных и горизонтальных перемещений резинометаллических опор при землетрясении около каждой из них устанавливают железобетонные ограничители, заанкеренные в фундаменте. Ограничители, рассчитанные на восприятие полной статической нагрузки, на здание. Рекомендуемый зазор между верхним обрезаем ограничителя и нижней поверхностью плиты перекрытия составляет 1,5 см. Расстояние между опорой и ограничителем должно быть меньше максимального расчетного перемещения здания. Число устанавливаемых сейсмоизолирующих опор под одним несущим элементом может приниматься и от одной до четырех в зависимости от места их расположения (см. рис. 1).

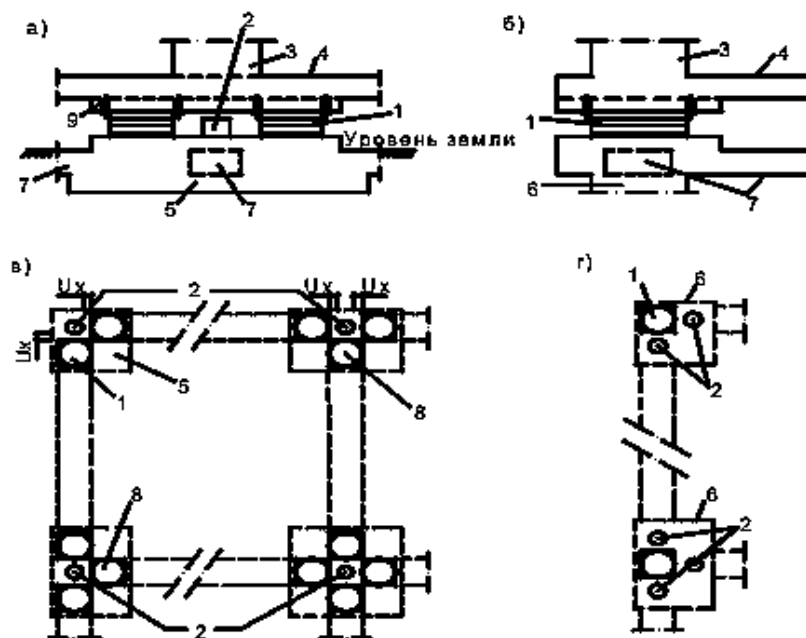


Рисунок 1 – Схема размещения сейсмоизолирующих многослойных резинометаллических опор (Франция): а – на фундаментной плите; б – на капители колонн подземной части здания; в, г – варианты возможного расположения в плане сейсмоизолирующих опор и ограничителей перемещения: 1 – сейсмоизолирующая резинометаллическая опора; 2 – ограничитель; 3 – колонна первого этажа здания; 4 – плита перекрытия первого этажа; 5 – фундаментная плита; 6 – колонна подземной части здания с капителью; 7 – фундаментная балка; 8 – третья возможная опора; 9 – анкерный болт.

Специалисты Новой Зеландии считают, что более эффективными являются резинометаллические опоры, в конструкциях которых предусмотрены поглотители колебаний в виде вертикального цилиндрического свинцового сердечника (рис. 2). Наличие такого сердечника обеспечивает высокую жесткость в вертикальном направлении. У этих опор сопротивление сдвигу лучше, чем у опор без сердечника, и более эффективное поглощение энергии сейсмических колебаний. При сильных сейсмических воздействиях в свинцовом сердечнике возникают большие пластические деформации и интенсивно поглощается энергия колебаний. Применение в опоре свинцового сердечника позволяет увеличить в 3-5 раз затухание колебаний, повышая при этом сопротивление опоры ветровому воздействию.

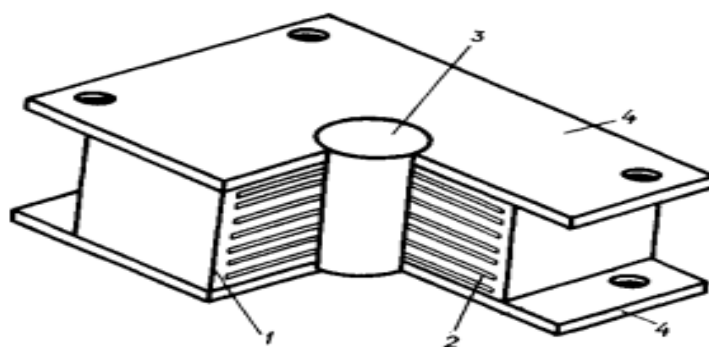


Рисунок 2 – Конструктивная схема резинометаллической опоры со свинцовым сердечником (Новая Зеландия): 1 – каучук (резина); 2 – внутренний стальной лист; 3 – свинцовый сердечник; 4 – опорный стальной лист.

2. Системы с кинематическими опорами

Предложений об использовании опор качения как средства сейсмоизоляции зданий появилось очень много, но их применение в практике сейсмостойкого строительства

встречается довольно редко. Одной из основных причин этого является недостаточная изученность поведения такого рода систем при сейсмических воздействиях, особенно при землетрясениях, имеющих доминантные периоды более 1 с. При таких землетрясениях здание с кинематическими опорами может получить значительные смещения, при которых может произойти потеря устойчивости всего здания и его полное обрушение. Таким образом, такая система сейсмоизоляции может применяться только в районах, для которых прогнозируются высокочастотные землетрясения, и исключается возможность появления низкочастотных землетрясений. В остальных случаях сейсмоизоляция с кинематическими опорами может применяться только с дополнительными средствами сейсмозащиты.

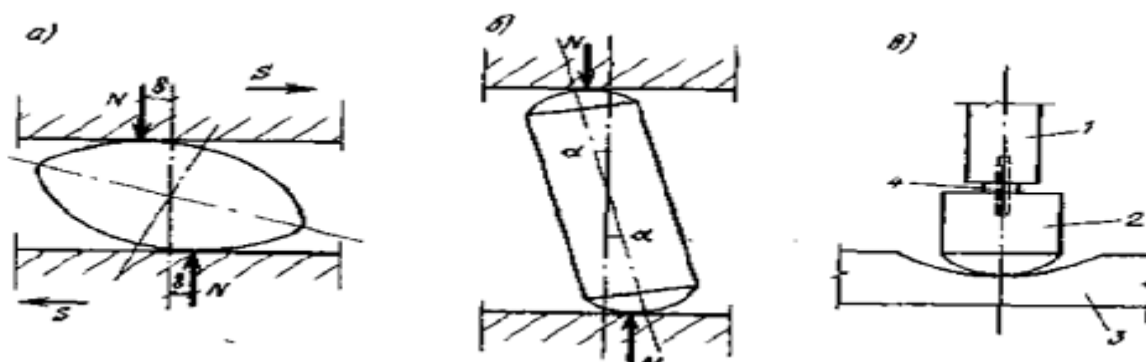


Рисунок 3 – Кинематические опоры, используемые для сейсмоизоляции зданий а – эллипсоиды вращения; б – стойка со сферическими поверхностями торцов; в – опора конструкции: 1 – колонна; 2 – подколеник; 3 – опорная плита; 4 – центрирующая шайба.

В настоящее время имеется некоторый опыт практического применения таких систем. Так, в Севастополе в 1972 г. построено пятиэтажное крупнопанельное здание с сейсмоизолирующим поясом, состоящим из 6500 армоцементных опор в форме эллипсоидов вращения, диаметром 6 см и высотой 5,8 см (рис. 3, а), уложенных по всей площади фундамента. Кроме того, в здании применена демпфирующая система в виде железобетонного бункера, жестко соединенного с надфундаментной частью здания и свободно опущенного в слой песка.

К недостаткам данной системы следует отнести следующее. Изготовление стоек со сферическими торцами и специальными высокопрочными контактными поверхностями требует высокой точности, присущей скорее машиностроительному производству, чем строительной технологии; при наклонах стоек возникают существенные местные напряжения, для восприятия которых требуется дополнительная арматура, что приводит к увеличению расхода стали; все это, а также повышенная точность при монтаже приводит к существенному возрастанию трудоемкости и стоимости конструкций. Более экономичной и простой при монтаже представляется система сейсмоизоляции с кинематическими опорами конструкции (рис.3,в), примененная для четырехэтажного здания в г. Навои. Нижние основания кинематических опор, имеющие выпуклую сферическую поверхность опирания размещаются в сферических выемках опорной плиты фундамента, а верхние основания их соединяются шарнирно с колоннами посредством центрирующей шайбы.

3. Системы с подвесными опорами

Идея гибкой подвески здания для снижения его сейсмической реакции была реализована в ряде проектов. В 60-х годах в Ашхабаде было построено трехэтажное здание с сейсмоизоляцией системы Ф.Д. Зеленкова, где наземные конструкции с помощью тяжей и пружин подвешивались к стенам монолитного фундамента. В отличие от других предложений такая система должна была снижать как горизонтальные, так и вертикальные колебания. Однако опыты Туркменского института сейсмостойкого

строительства не подтвердили предполагаемые большие значения периодов собственных колебаний здания, указав на сравнительно большую жесткость конструкции.

Похожая конструкция была применена в Испании. Фундамент этой конструкции (рис. 4) представляет собой бетонный колодец, к верхней плите которого подвешена на четырех наклонных преднапряженных тросах железобетонная штата. На эту плиту установлены железобетонные опоры, расположенные под колоннами здания и поверху объединенные железобетонным ростверком. Обе эти конструкции являются очень сложными и дорогими. Так, стоимость сейсмоизоляции системы Ф.Д. Зеленкова составила 24 % общих затрат. Кроме того, стальные пружины находятся постоянно под напряжением, здание чувствительно к любым динамическим нагрузкам. Поэтому представляется не рациональным рекомендовать сейсмоизоляцию такого типа для внедрения в сейсмостойкое строительство.

К этой же группе систем сейсмоизоляции можно отнести и здания с подвешенными этажами, получившие распространение в практике сейсмостойкого строительства за рубежом.

К преимуществам таких зданий относятся: увеличение доли полезной площади помещений, меньшая чувствительность к неравномерным осадкам фундаментов, уменьшение объемов работ по возведению фундаментов.

Недостатки таких систем остаются теми же, что и для указанных выше конструктивных решений систем с подвесными опорами. Одним из возможных направлений улучшения системы сейсмоизоляции с подвешенными этажами, повышения ее надежности является применение в перекрытиях узлов сухого трения.

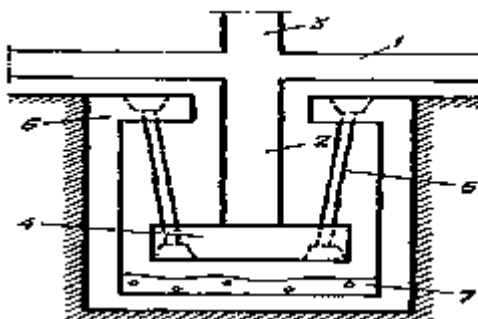


Рисунок 4 – Сейсмоизолирующий фундамент с подвесными опорами: 1 – ростверк; 2 – опора под колонну; 3 – колонна; 4 – плита под опорой; 5 – преднапряженный железобетонный трос; 6 – верхняя плита колодца; 7 – слой песка.

4. Системы с сейсмоизолирующими скользящими опорами и скользящими поясами

Сейсмоизолирующий скользящий пояс выполняется в виде ряда опор, расположенных между фундаментом здания и надземными конструкциями, как правило, в местах пересечения продольных и поперечных стен. Каждая опора имеет две пластины – из нержавеющей стали и фторопласта. Благодаря низкому коэффициенту трения скольжения в опорах ($f = 0,05-0,1$), при превышении инерционными нагрузками определенного уровня, здание начинает проскальзывать относительно фундамента. С этого момента усилия от сейсмических нагрузок в элементах несущих конструкций практически не изменяются. Для обеспечения надежности зданий в системе предусмотрены упругие и жесткие ограничители горизонтальных и вертикальных перемещений. Принципиальная схема элементов сейсмоизолирующего пояса для зданий жесткой конструктивной схемы показана на рис.5.

Для создания упругоскользких опор под оборудование Армянской АЭС применяется трехслойный наирит (резиновая сборка, армированная алюминиевыми пластинами). Освоение выпуска фторопластов позволяет по-новому конструктивно решать элементы скользящего пояса и обеспечить высокую надежность его работы.

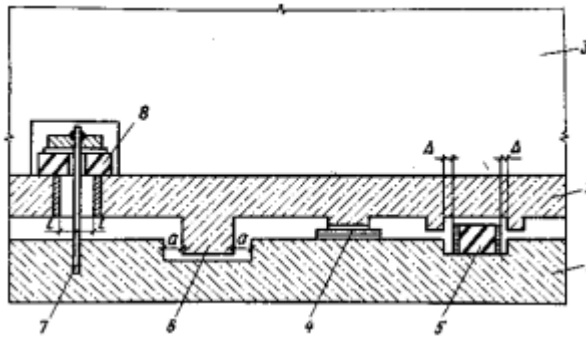


Рисунок 5 – Схема элементов сейсмоизолирующего скользящего пояса 1 – верхняя обвязка фундаментов (стен подвала или технического подполья); 2 – ростверк; 3 – надземные конструкции здания; 4 – скользящая опора; 5 – упругий ограничитель горизонтальных перемещений (демпфер); 6 – жесткий ограничитель горизонтальных перемещений (упор); 7 – ограничитель вертикальных перемещений (вертикальная связь); 8 – вертикальный амортизатор.

В настоящее время для строительства зданий рекомендуются опоры совмещенного типа (рис. б), в которых в пределах одного устройства размещаются сами опоры, упругие и жесткие ограничители перемещений. Скользящие опоры, типа показанного на рисунке б, а, можно применять для зданий высотой до пяти этажей включительно. Скользящая опора на рисунке б, б, выполняется с наклонными участками нижней пластины, с переменным углом наклона (3° и 6°).

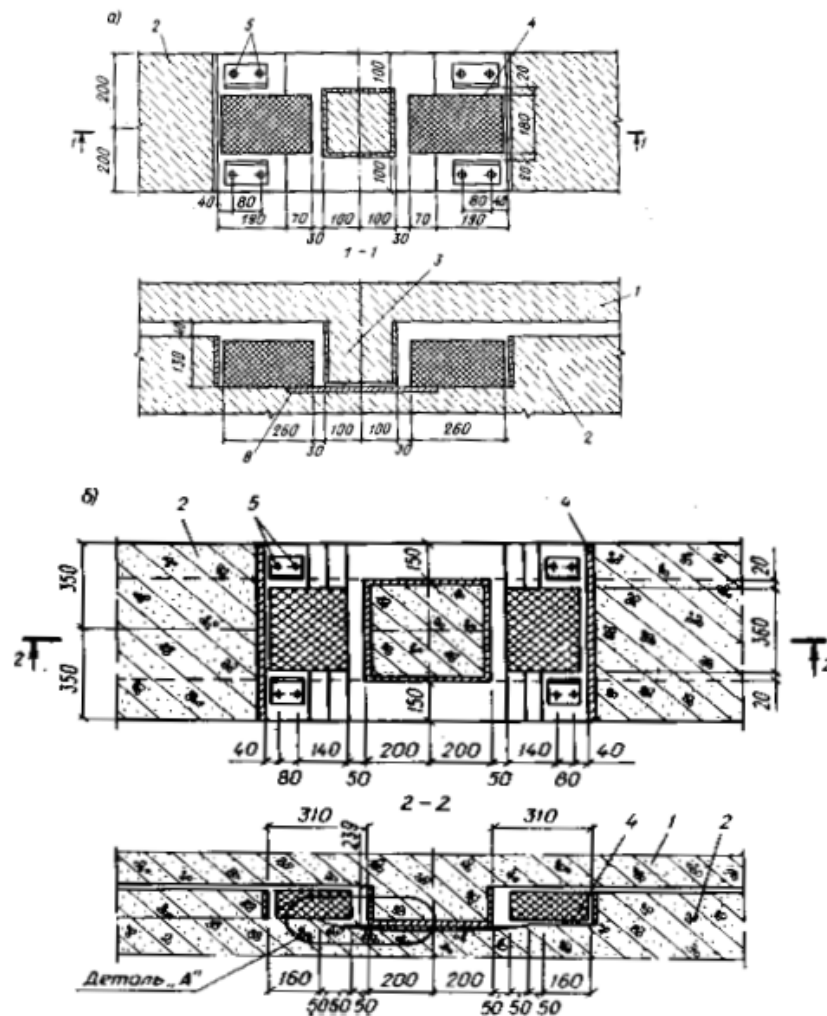


Рисунок 6 – Конструкция скользящих опор совмещенного типа: а – для пятиэтажных зданий с горизонтальной нижней пластиной; б – для девятиэтажных зданий с наклонной нижней пластиной; 1 – железобетонный ростверк; 2 – упор; 3 – скользящая опора; 4 – упругий ограничитель горизонтальных перемещений (демпфер); 5 – жесткий ограничитель горизонтальных перемещений (упор).

резинометаллический демпфер; 5 – анкерный болт защитного уголка; 8 – нижняя стальная пластина.

Благодаря наклонным участкам и возникновению при надвижке опоры на эти участки гравитационной восстанавливающей силы создаются благоприятные условия для уменьшения амплитуд колебаний надземных конструкций относительно фундамента и возвращения здания в исходное положение после окончания землетрясения.

В целом применение сейсмоизолирующего скользящего пояса позволяет:

- сократить расход стали на 7–10 кг/м приведенной общей площади, или на 7–12 %;

- снизить сметную стоимость зданий на 3–6 %;

- расширить области применения типовых конструкций путем застройки районов с повышенной сейсмичностью, повышения высоты зданий при использовании тех же конструкций.

Для обеспечения возможности регулирования положения плит скользящего пояса, а также осмотра и замены плит в процессе эксплуатации в ряде случаев в зданиях предусматриваются регулирующие устройства с применением высокопрочных болтов.

Перспективы внедрения систем активной сейсмозащиты в сейсмостойкое строительство.

Мировой опыт показывает что предложено и разработано большое количество систем активной сейсмозащиты зданий. Отдельные из этих систем получили практическое воплощение на отдельных объектах, это позволило оценить их технологичность для строительного производства. На многих объектах проведены вибрационные испытания, что позволило получить экспериментальные данные о поведении этих систем при динамических воздействиях. Однако по существу все разработанные системы нуждаются в дополнительных исследованиях преимущественно в натуральных условиях, так как многие стороны реального поведения систем сейсмозащиты трудно исследовать теоретически или на моделях из-за весьма большого количества факторов, влияющих на поведение сооружения при интенсивном землетрясении.

Перспективным является совместное применение различных систем сейсмозащиты, так называемых комбинированных систем, что позволяет сочетать их достоинства и уменьшить влияние неблагоприятных свойств, присущих отдельно каждой из систем.

В заключение заметим, что в тех случаях, когда возможны землетрясения со значительными вертикальными ускорениями проектирование систем активной сейсмозащиты необходимо вести с учетом как горизонтальных, так и вертикальных колебаний.

Библиографический список

1. Поляков В.С., Килишкин Л.Ш., Черкашин А.В. Современные методы сейсмозащиты зданий. - М.: Стройиздат, 1989. - 320с.
2. Казина Г.А., Килимник Л.Ш. Современные методы сейсмозащиты зданий и сооружений. - Обзор. М. :ВНИИИС, 1987. - 65с.
3. Жунусов Т.Ж. Основы сейсмостойкости сооружений (прикладной курс). - АЛМА-АТА.: Рауана, 1990. - 270с.
4. Елисеев О.Н., Уздин А.М. Сейсмостойкое строительство. Учебник. В 2-х кн. – СПб.: Изд. ПВВИСУ, 1997. – 220 с.
5. Чигринская Л.С. Учебное пособие. – Изд-во АГТА, 2009.- 107 с.

О.Й. Радецька, студ, М.І. Сергієнко, ст. викл., Національний технічний університет України "КПІ", вул.БорисаГітського,115/3, м. Київ-56, 03056, Україна, E-mail: ux0un@ukr.net

ЗАХИСТ ГРУНТОВИХ ВОД ЗАСТОСУВАННЯМ СИСТЕМИ ОБ'ЄМНОГО ВІДКАЧУВАННЯ ПЛАСТА ПРИ ВИДОБУТКУ ГАЗОКОНДЕНСАТУ

У районах інтенсивної експлуатації газових, газоконденсатних та нафтових родовищ, часто зустрічається значне вуглеводневе забруднення водоносних горизонтів та навколишнього середовища. Проведено дослідження, встановлено якісні і кількісні оцінки забруднення водоносних горизонтів при видобутку газоконденсату в умовах Машівського родовища газоконденсату Полтавської області. Розроблено програму та технологію очищення ґрунтових вод. Запропонована система об'ємного відкачування пласта (СОВП) дала можливість ліквідації забруднення підземних водоносних горизонтів при видобутку газоконденсату.

Ключові слова: *газоконденсат, видобуток, забруднення ґрунтових вод, технологія очищення*

В районах интенсивной эксплуатации газовых, газоконденсатных и нефтяных месторождений часто встречается значительное углеводородное загрязнение водоносных горизонтов и окружающей среды. Проведены исследования и установлены качественные и количественные оценки загрязнения водоносных горизонтов при добыче газоконденсата в условиях Машевского месторождения газоконденсата в Полтавской области. Разработаны программа и технология очистки ґрунтовых вод. Предложенная система объемной откачки пласта (СООП) дала возможность ликвидации загрязнения подземных водоносных горизонтов при добыче газоконденсата.

Ключевые слова: *газоконденсат, добыча, загрязнение ґрунтовых вод, технология очистки*

In areas of intensive exploitation of gas, condensate and oil fields, often encountered significant hydrocarbon contamination of aquifers and the environment. Conducted research and established qualitative and quantitative assessment of contamination of aquifers in the extraction of gas condensate field in terms Mashivske condensate, Poltava region, Ukraine. The developed software technology and clean groundwater. The proposed system volumetric pumping layer (SVPL) made it possible to eliminate pollution of groundwater aquifers in the extraction of gas condensate.

Keywords: *condensate, gas production, groundwater contamination, cleaning technology*

Актуальність роботи. Активне втручання людини в природні процеси, нерациональне природокористування сприяють виникненню прогресуючого забруднення природних вод України внаслідок діяльності промислових підприємств, серед яких особливе місце займають об'єкти нафтогазового комплексу [1]. В процесі видобутку та переробки вуглеводневої сировини використовуються тисячі газових та нафтових свердловин, технологічне обладнання та розгалужені мережі трубопровідного і транспортного обладнання. В районах інтенсивної експлуатації газових, газоконденсатних та нафтових родовищ часто зустрічається значне вуглеводневе забруднення водоносних горизонтів та навколишнього середовища. В процесі видобутку газоконденсату його компоненти, потрапляючи в підземні водоносні горизонти, є значними забруднювачами як для довкілля, так і для здоров'я людей. Тому очищення забруднених водних ресурсів і повернення їх у кругообіг є актуальною задачею сьогодення.

Матеріал і результати досліджень. Одне з найбільших за запасами газоконденсатної сировини – Машівське родовище в Полтавській області – належить до

Машівсько-Шебелинського газоносного регіону України. Запаси газоконденсату складають 1431 тис. тон.

Газовий конденсат є цінною сировиною для паливно-енергетичної, нафтопереробної і хімічної промисловості [2]. Газоконденсат за своїм складом подібний до нафти, однак не містить смол і асфальтенів. За складом він є сумішшю висококиплячих вуглеводнів різної будови, які виділяються з природних газів у процесі їх видобутку на газоконденсатних родовищах. При високому тиску і температурі в пластових умовах родовищ виділяється нестабільний газовий конденсат, який містить розчинені гази метан-бутанової фракції (табл.1)

Таблиця 1.

Склад промислового газоконденсату

Складові компоненти газоконденсату	Вміст компонентів у газоконденсаті, %
Метан	80-90
Етан	3-5
Вуглекислий газ	2-5
Пропан	1-3
Азот	1-3
Бутан	0.1-0.5
Ізобутан	0.1-0.5

При видобуванні та транспортуванні газоконденсату від свердловин до установки комплексної підготовки газу (УКПГ) трапляються аварійні ситуації, внаслідок яких відбувається витік конденсату, що призводить до забруднення водоносних горизонтів шкідливими речовинами [3]. Наслідком цього є прямий вплив на організм людини через воду. При постійному впливі на людину забрудненої газоконденсатом води страждає центральна нервова система, та настає хронічне отруєння.

Гідрогеологічні дослідження в районах інтенсивного нафтогазового видобутку показали, що найбільш ефективними і раціональними способами вирішення даної проблеми є системи інженерних споруд з контролю та захисту водоносних горизонтів. Споруди нейтралізаційного призначення відіграють роль своєрідного екрану між потенційними джерелами забруднення і навколишнім середовищем. Локалізаційні споруди встановлюються з метою обмеження міграції забруднюючого фактору, а ліквідаційні вирішують задачу оптимальної очистки ґрунтових вод.

Просторове положення широкомасштабних, відносно глибоко залягаючих (понад 20 м) вуглеводневих ореолів, а також фізичний стан забрудненої субстанції (водовуглеводнева емульсія) та її динаміка створюють значні труднощі для локалізації та знешкодження фактору ураження на місці. А тому практично єдиним методом очистки ґрунтових вод у таких випадках вважається механічне вилучення водовуглеводневої емульсії.

Для ефективної очистки ґрунтових вод рекомендується Система Об'ємного Відкачування Пласта (СОВП). Суть СОВП полягає в одночасній експлуатації серії робочих свердловин, які входять до структури системи побудованої водозабірної мережі. Запропонована технологія дозволяє в межах ураженого сектору водоносного горизонту створити широкомасштабну депресійну воронку дзеркала водо-вуглеводневої емульсії. Підтримуючи тривалий час таку воронку в стабільному етапі, забезпечуються умови постійної фільтрації забрудненої субстанції до місця її відбору.

Підземні ореоли вуглеводневого забруднення ґрунтових вод в узагальненому вигляді являють собою нестійку дисперсійну систему, утворену з двох взаємно

нерозчинних рідин і зосереджену в просторі водоносного горизонту [4]. Така система в природних умовах знаходиться в безперервній динаміці, внаслідок чого постійно змінюються основні параметри ореолів (рис.1).

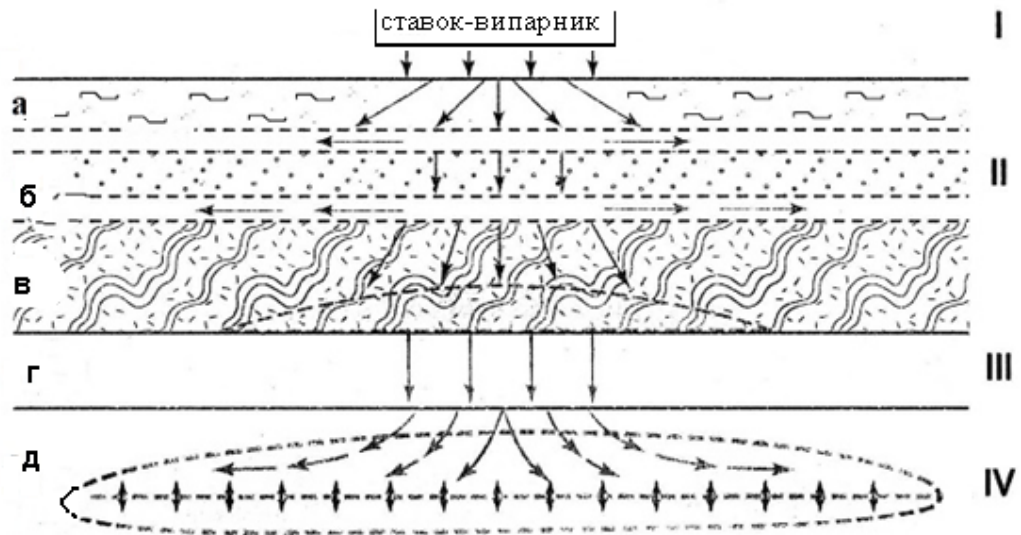


Рисунок 1- Схема, основні етапи та напрямки ореолів забруднення.

I, II, III, IV – етапи формування підземного ореолу забруднення.

а – однокомпонентний комплекс глини; б - багатоконпонентний комплекс пісків, суглинків; в – двохкомпонентний комплекс глини; г - антропогенний водоносний горизонт; д – контур підземного ореолу забруднення; (стрілками вказано шляхи міграції вуглеводнів)

Невід’ємним технологічним вузлом СОВП є засоби - накопичення і поділ на фази вилученої емульсії. Контроль за якістю очищення ґрунтових вод в об’ємі СОВП здійснюється на основі облаштування мережі спостережних свердловин. Застосування СОВП з метою нормалізації стану навколишнього середовища може виконуватися в двох варіантах (рис.2 а, б).

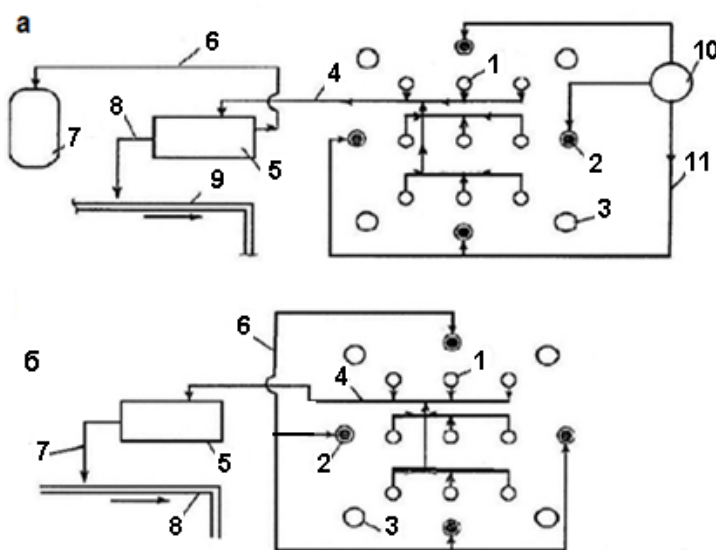


Рисунок 2– Відкрита (а) та замкнена (б) системи об’ємної відкачки пласта:

1 – експлуатаційні свердловини; 2 – нагнітальні свердловини; 3 – спостережні свердловини; 4 – трубопровід подачі водоконденсатної емульсії; 5 – збірний резервуар; 6 – трубопровід подачі вуглеводневої фази; 7 – ставок –випарник (а), трубопровід подачі вуглеводневої фази; 8 – трубопровід подачі вуглеводневої фази; 9 – технологічна лінія; 10 – резервуар чистої води; 11 – трубопровід подачі чистої води у нагнітальні свердловини

Відкритий варіант СОВП передбачає вилучення вуглеводневої емульсії з глибинних горизонтів, сепарацію її на фази з подачею вуглеводневої сировини на переробку, а відділеної води – на очисні споруди газовидобувного підприємства. У варіанті замкненої СОВП водна фаза закачується в нагнітальні свердловини, які

споруджуються в межах контуру ореолу забруднення ґрунтових вод.

Програма ліквідації забруднення ґрунтових вод включає наступні етапи:

- оцінка параметрів та інтенсивності вуглеводневого ураження антропогенного водоносного горизонту на основі проведення ґрунтових гідрогеологічних досліджень по визначеній мережі спостережень;
- розробка технології процесу вилучення водоконденсатної емульсії з глибинних горизонтів методом дослідно-експлуатаційної відкачки;
- спорудження і конструктивне облаштування СОВП;
- очищення ґрунтових вод шляхом циклічно-режимної експлуатації СОВП та утилізації продуктів очистки.

Для виконання запланованих етапів “Програми”, проведені та облаштовані дослідні свердловини, необхідні для гідрогеологічних спостережень, оцінки інтенсивності та динамічного стану забруднення ґрунтових вод [5]. Свердловини за призначенням поділяються на дослідні, технологічні, робочі, допоміжні, водопоглинаючі та спостережні. Усі свердловини, згідно схеми їх розташування, розміщуються на території знешкодження

забруднення ґрунтових вод. Оцінка параметрів та інтенсивність ураження антропогенного водоносного горизонту проведена на основі дослідження 32 свердловин, які відповідно зі СОВП розташовані на лініях 12-ти променів. Схему вуглеводневого забруднення ґрунтових вод та розміщення свердловин в системі СОВП наведено на рис. 3.

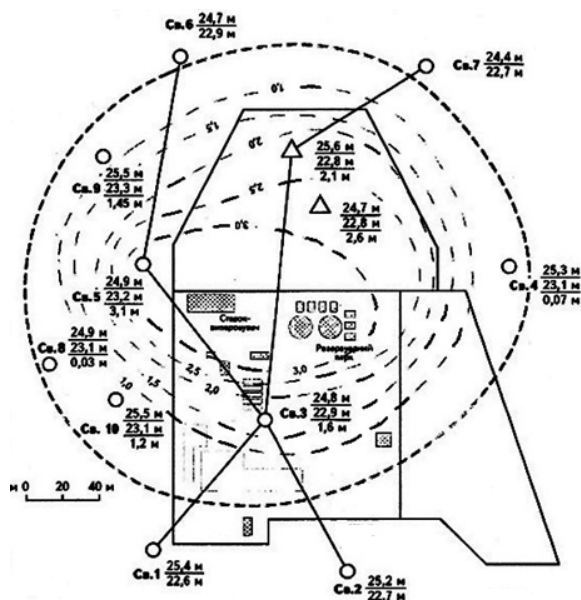


Рисунок 3 – Схема вуглеводневого забруднення ґрунтових вод та розміщення свердловин:

- спостережні свердловини;
- Св. 3 $\frac{24,8 \text{ м}}{22,9 \text{ м}}$ $\frac{1,6 \text{ м}}$ – номер, і глибина

свердловин:

- 24,8 м – фактична глибина свердловини;
- 22,9 м – статичний рівень ґрунтових вод у свердловині;
- 1,6 м – висота стовпа газоконденсату, виміряного у свердловині;

- △ - свердловини, пробурені за замовленням УКПГ;
- ▨ - потенційні джерела забруднення;
- - - контур ореолу забруднення ґрунтових вод;
- - - ізолінії насичення конденсатом пісків водоносного горизонту

Свердловини розміщені за певною схемою, основна мета якої – охопити дослідженнями та максимальним очищенням ореол забруднення газоконденсатом в процесі його видобутку та транспортування до УКПГ.

Бурові роботи з проведення свердловин виконуються самохідною установкою УГБ-52М, яка дозволяє шнековим способом проходити свердловини діаметром 80 – 300 мм до глибини 20-50 м, при швидкості обертання робочої штанги 200-300 об/хв. Свердловини проводяться діаметром 180–220 мм.

Конструкція обсадної колони технологічної свердловини наведена на рис.4.

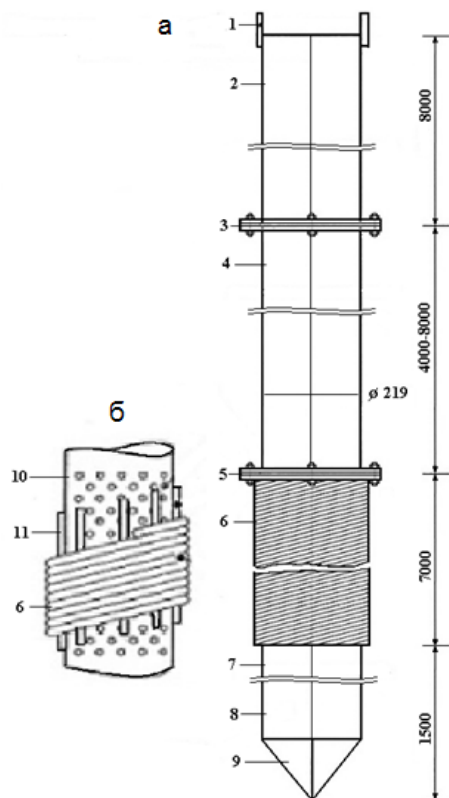


Рисунок 4 – Конструкція обсадної колони технологічної свердловини (а) та фільтрувального вузла (б):

спускопідйомна арматура; 2 – обсадна колона; 3, 5 – фланець для з'єднання проміжних секцій обсадної колони; 4 – нарощувальна проміжна секція колони; 6 – дротяна обмотка фільтру; 7 – фільтрова секція колони; 8 – відстійник; 9 – конусна заглушка; 10 – перфорована частина фільтрувальної секції; 11 – стрижні кріплення.

Основним фізичним станом забрудненої субстанції в межах ореолу є дисперсійна суміш двох взаєморозчинних фаз: води і конденсату. А тому в ході очисних робіт при механічному вилученні забруднювача на земну поверхню буде поступати головним чином водоконденсатна емульсія.

Проектними рішеннями передбачено спорудження парку накопичення і розділення на фази емульсії, який складається з двох ємностей об'ємом 25 м^3 і однієї ємності об'ємом 50 м^3 .

Ємності об'ємом 25 м^3 призначені для відстою емульсії з метою її самосепарації. Через певні проміжки часу верхні шари найбільш очищеного конденсату перекачуються в ємність об'ємом 50 м^3 .

Ця програма була розроблена та використана для очистки ореолу забруднених ґрунтових вод на Машівському родовищі газоконденсату в Полтавській області. За вихідними даними, об'єм ореолу забруднення становить 16 тис. м^3 , максимальна товщина шару 3-3.5м, кількість пунктів вилучення водоконденсатної емульсії - 13 робочих свердловин, робоча продуктивність засобів вилучення емульсії - $57,6-86,4 \text{ м}^3/\text{добу}$.

На графіку (рис.5) показані динаміка та ефективність очищення водоносного горизонту при застосуванні відкритого варіанту СОВП. Повне очищення ореолу забруднення підземних ґрунтових вод (16000 м^3) за допомогою рекомендованої системи СОВП було здійснено за 130 днів.

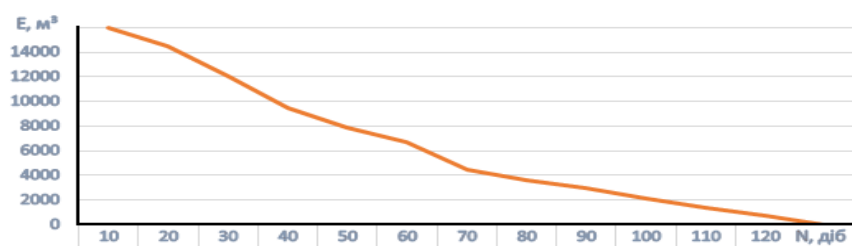


Рис. 5 – Графік залежності об'ємів очистки (E) ореолу забруднення ґрунтових вод від терміну очистки (N).

З аналізу функціональної залежності $E = f(N)$ видно, що зі збільшенням терміну очистки (N) до 130 діб величина очищення (E) знижується практично до нуля, що свідчить про високу якість технології очистки забруднених водних горизонтів.

Негативні чинники впливу запропонованого методу на довкілля

До об'єктів, які є потенційно небезпечними для довкілля, в районі спорудження СОВП відносяться Машівська УКПГ (ГПУ "Полтавагазвидобування") і ТЦСК Управління з переробки газу та газового конденсату.

Наявність позитивних екологічних і економічних аспектів

Впровадження СОВП дозволить зняти інтенсивне техногенне навантаження на ґрунтові води в районі виробничої діяльності Машівської УКПГ і ТЦСК Управління з переробки газу та газового конденсату, зменшити зону поширення рідких вуглеводнів в межах антропогенного водоносного горизонту, уникнути загрози зараження поверхневих вод у долині річки Малий Тагамлик. Прогнозні об'єми відкачки конденсату передбачають певний економічний ефект внаслідок повернення сировини в процес переробки, а затрати на ліквідацію ореолу не перевищують загальну вартість вилученої в процесі робіт вуглеводневої сировини.

Перелік джерел впливів на навколишнє середовище

Джерелами можливого впливу на природне середовище при експлуатації СОВП можуть бути ємності парку накопичення та розділення водоконденсатної емульсії, трубопроводи і утилізація технологічних відходів.

Перелік заходів, які забезпечують збереження довкілля в межах норми:

1. Геологічне середовище - будівництво технологічних споруд запроєктоване поза зонами зсувонебезпечних ділянок; конструктивне облаштування свердловин різного призначення повністю виключає можливість забруднення зони аерації; розташування водопоглинаючих свердловин та їх конструкція проектується з метою проведення інфільтраційної промивки надводоносних горизонтів сучасних відкладів.

2. Водне середовище - постійний контроль (гідромоніторинг) за станом ґрунтових вод в контурі ореолу ураження і поза його межами; повернення виділеної з емульсії водної фази в сектор забруднення водоносного горизонту.

3. Ґрунтове середовище - створення аварійного запасу мінерального сорбенту "Глауконіт"(розробник і виробник ТзОВ Гафса"), який дозволяє ефективно проводити рекультивацію земель, уражених вуглеводнями; періодичного геохімічного контролю за станом ґрунтів.

4. Повітряне середовище - постійний контроль за дотриманням нормативів гранично-допустимими викидами з резервуарів накопичення водоконденсатної емульсії.

Висновки. Представлена програма застосування СОВП дозволяє визначати масштаби та інтенсивність ураження ґрунтових вод, розробити ефективну і безпечну для довкілля технологію їх очищення, локалізувати та ліквідувати забруднення ґрунтових вод вуглеводнями, повернути їх у природний кругообіг з мінімальними матеріальними затратами, за відсутності негативного впливу на довкілля.

Проведені практичні дослідження та отримані результати свідчать про високу ефективність запропонованого методу – відкритого варіанту СОВП – для очищення ґрунтових вод при роботі підприємств по видобутку газоконденсату.

Бібліографічний список

1.Бойко В.С. Тлумачно-термінологічний словник-довідник з нафти і газу / В.С. Бойко, Р.В. Бойко. – К.: Тт. 1-2, 2004-2006 рр. 560 + 800 с.

2. Хімія і фізика горючих копалин / В.І. Саранчук, М.О. Ільяшов, В.В. Ошовський, В.С. Білецький. – Донецьк : Східний видавничий дім, 2008. – 600 с.

3. Костюк В.І. Технічні та екологічні проблеми видобутку нафти і газоконденсату / Костюк В.І. –К.: Наукова думка, 2011. – 315 с.

4. Кириленко А.П. Екологічна безпека нафтових і газових родовищ / Кириленко А.П. – Техніка, 2009. – 197 с.
5. Результати облаштування мережі спостережних свердловин в районі Машівської УКПГ: [Науковий звіт]. – Стрий : ТзОВ "Гафса", 2012. – 115 с.

УДК 624.39.329

Іванова І.А., студ., Ремез Н.С., д.т.н., проф., НТУУ «КПІ»

ВИКОРИСТАННЯ ПРОГРАМИ ANSYS 14.0 ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ СЕЙСМОВИБУХОВИХ ХВИЛЬ З ШАРУВАТИМ ГРУНТОВИМ МАСИВОМ І ПІДЗЕМНИМ ТРУБОПРОВОДОМ

Виконання вибухових робіт на гірничодобувних підприємствах, під час будівельних робіт та для інших господарських потреб супроводжується виникненням сейсмічних хвиль. При поширенні сейсмовибухових хвиль (СВХ) у ґрунтових масивах відбувається їх взаємодія з різними природними та інженерними об'єктами, що зумовлює необхідність достовірної оцінки міцнісних ресурсів матеріалу конструкцій для раціонального проектування та експлуатації.

На даний час актуальним є проведення досліджень особливостей поширення СВХ у товщі гірських порід і ґрунтів та динаміки їх можливого впливу на природні та інженерні об'єкти. Провідне місце серед таких досліджень займає математичне моделювання хвильових процесів та взаємодії СВХ з охоронюваними об'єктами [1, 4].

У роботі наведено дослідження взаємодії СВХ, що викликані вибухами на Кошівському кар'єрі з газопроводом, що розташований поблизу кар'єра.

При розрахунку міцності трубопроводу враховуються такі навантаження і впливи: 1) навантаження і впливи, що виникають при спорудженні, випробуванні та експлуатації трубопроводу; 2) навантаження від впливу сейсмічних сил.

Ступінь пошкодження трубопроводу від дії сейсмічних хвиль (СХ) залежить від цілого ряду чинників: сили сейсмічної дії і напрямку поширення СХ, геологічних і гідрогеологічних умов експлуатаційно-технологічних навантажень і впливів, конструкції трубопроводу і його стиків, характеристик матеріалу труб, ступеня зношеності трубопроводу [2].

Ґрунти, що знаходяться навколо трубопроводів беруть участь у коливальному процесі і деформуванні спільно з самим трубопроводом. Від властивостей ґрунту залежить інтенсивність струсу і особливість розвитку коливального процесу в системі «трубопровід - ґрунт». Якщо трубопровід, пов'язаний з ґрунтом, втягується в коливальний процес, то ґрунт передає зусилля трубопроводу з деяким проковзуванням. Таким чином, відносні зміщення у ґрунтовому середовищі будуть більші, ніж відносні зміщення трубопроводу.

СХ, швидкість розповсюдження якої в трубопроводі більше, ніж у ґрунті, досягне по трубопроводу ділянок, ще не залучених у коливальний процес. На цих ділянках сам трубопровід буде генератором коливань, а ґрунт у даному випадку буде грати роль демпфуючої подушки. Генераторами коливань можуть бути також споруди або трубопроводи іншого напрямку, до яких підключено трубопровід. При розрахунках слід розглядати коливання системи «трубопровід - ґрунт», динамічні характеристики якої будуть відрізнятися від динамічних характеристик трубопроводу, умовно виділеного з ґрунтового середовища.

Таким чином, можливі дві схеми роботи підземного трубопроводу при поширенні СХ уздовж його поздовжньої осі [3]: 1) трубопровід, занурений в ґрунт, залучений в

коливальний процес, додаткові зусилля в трубопроводі викликаються напруженим станом ґрунтового середовища; 2) трубопровід, занурений у ґрунтове середовище, що перешкоджає коливальному процесу.

За допомогою програмного пакету Ansys-14.0, було проведено моделювання ділянки ґрунтового середовища в якому розміщений підземний газопровід на глибині 0,8-1,2 м. Для моделювання було вибрано три шару ґрунту, характеристики яких наведені в таблиці 1.

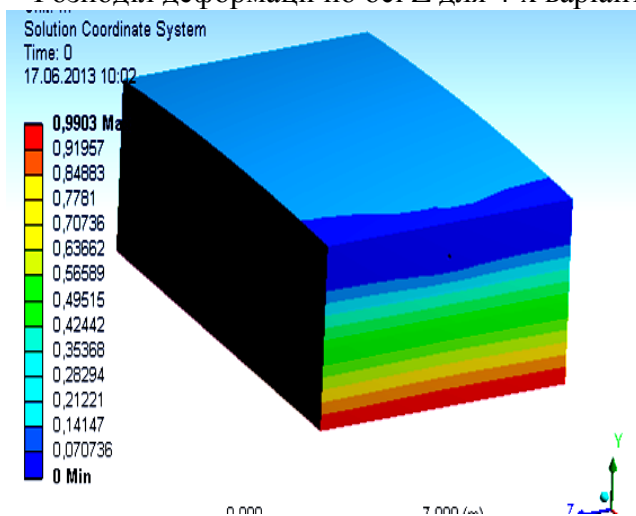
Таблиця 1 – Характеристики ґрунтів

№	Найменування	Потужність слою, м			Щільність, кг/м ³	Модуль пружності, Па	Коефіцієнт Пуассона	Модуль пружності другого роду, Па	Питома вага, Н/м ³
		від	до	середня					
1	Родючий шар	0,8	1,6	1	1612	4000000	0,45	1379000	16600
2	Суглинок	0	3,9	1,3	1734	2900000	0,4	5362000	17200
3	Глина мергельна	0	8,8	4,2	1835	2000000	0,37	7413000	18000

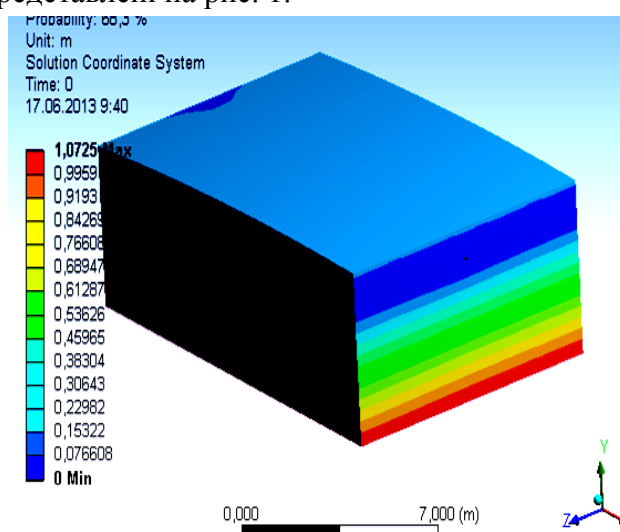
Для подальшого проведення моделювання була побудована розрахункова сітка на 9635 елементів, для розрахунку методом кінцевих елементів.

Для проведення даного моделювання було використано два препроцесора Modal та RandomVibration. Сейсмічне навантаження було задано за допомогою експериментально отриманої осцилограми при проведенні масову вибуху на Кошіївському гранітному кар'єрі.

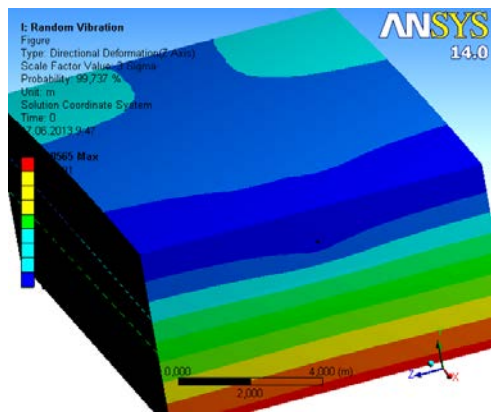
Для дослідження поведінки розповсюдження СВХ в ґрунтовому просторі в залежності від шаруватості ґрунту та його фізико-механічних характеристик було проведено чотири варіанти моделювання для такого розташування шарів: 1) глина; 2) суглинок; 3) верхній шар родючий ґрунт, нижній – суглинок і глина; 4) верхній шар родючий ґрунт, нижній – суглинок. Крапкою відмічено розташування трубопроводу. Розподіл деформації по осі Z для 4-х варіантів представлені на рис. 1.



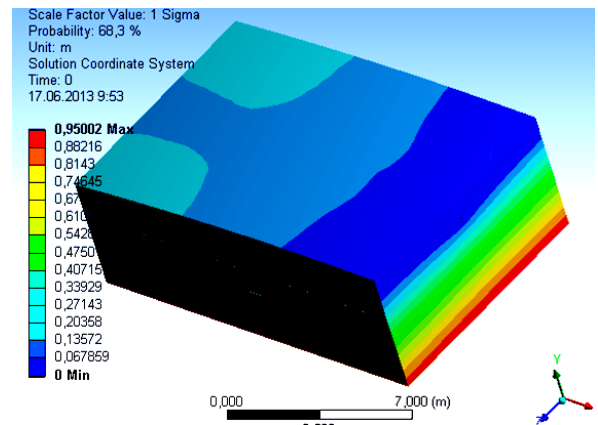
а)



б)



в)



г)

Рисунок 1 – Розподіл деформації по осі Z:

а – для глини, б – для суглинку, в – для родючого шару ґрунту, суглинку та глини, г – для родючого шару ґрунту та суглинку

Аналізуючи результати розрахунків розподілу деформації можна зробити висновок, що найменше деформується глина, а найбільша деформація у родючого шару. Це пояснюється фізико-механічними характеристиками ґрунтів, тобто чим більша щільність ґрунту тим менша деформація. В третьому варіанті найбільші деформації через збільшення потужності верхнього шару родючого ґрунту.

На базі пакету прикладних програм ANSYS-14.0 проведено моделювання процесу взаємодії СВХ з підземним газопроводом. Встановлено, що найбільш сейсмонебезпечним є таке розташування шарів ґрунту, коли верхнім шаром ґрунту є родючий шар з великою потужністю, а найбільш безпечним є таке розташування шарів ґрунту, коли верхній родючий шар має мінімальну потужність, а підстилаюча поверхня з максимальною потужністю складається з більш щільного ґрунту, наприклад глини.

Бібліографічний список

1. Кауфман Б.Д. Учетнагрузок. Сейсмические воздействия на гидротехнические и энергетические сооружения / Б.Д. Кауфман, С.Г. Шульман. – М.: Наука, 1980. – 256 с.
2. Allard P. Mesures sismiques dans l'environnement des tirs / Allard P. // Mines et carriers. – 2002. – 84, mars, pp.49-5.
3. Шемякин Е.И. О волнах напряжений в прочных горных породах / Е.И. Шемякин // ПМТФ. – 1963. - №3. – С. 83 – 93.
4. Хачиян Э.Е. Динамические модели сооружений в теории сейсмостойкости / Э.Е. Хачиян, В.А. Амбарцумян. – М.: Наука, 1981. – 204 с.

УДК 622.271

А.І. Крючков, к.т.н., доц, Л.І. Євтєєва, ас., здобувач, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЕКСКАВАТОРІВ НА КАР'ЄРІ

Розглянутий метод оптимізації продуктивності екскаваторних робіт на кар'єрі з використанням критерію загальної еквівалентної енергоємності та принципу емерджентності.

Ключові слова: екскавація, продуктивність, еквівалентна енергоємність, оптимізація, емерджентність.

Рассмотрен метод оптимизации производительности экскавационных работ на карьере с использованием критерия общей эквивалентной энергоёмкости и принципа эмерджентности.

Ключевые слова: экскавация, производительность, эквивалентная энергоёмкость, оптимизация, эмерджентность.

The method of optimization of the productivity of excavation on a career is considered with the use of criterion of general equivalent power-intensity and principle of emergentity.

Key words: excavation, productivity, equivalent power-intensity, optimization, emergentity.

Для порівняльної оцінки ефективності роботи кар'єрів по видобутку будівельних матеріалів використовують показник питомих сумарних зведених витрат або інший показник, в який входять грошові витрати на виробництво продукції.

Робота таких підприємств за останні десятиріччя показала, що в умовах нестійкої економіки оцінка ефективності виробництва по вартісних показниках призводить до негативних наслідків. За цих умов значно кращий результат дає використання натуральних показників.

В зв'язку з цим в статті використовується в якості показника ефективності виробництва питома сумарна енергетична витрата, як еквівалент вартісних витрат [1, 2].

При проведенні ексакаваційних робіт на кар'єрі враховуються всі складові вартісних витрат та знаходяться їх енергетичні еквіваленти по відомим методикам [2].

Таким чином, встановлення закономірностей та залежностей для розробки методу оптимізації продуктивності ексакаваційних робіт на кар'єрі за критерієм загальної еквівалентної енергоємності являється важливою практичною задачею.

Матеріали та результати цих досліджень були виражені в енергетичному еквіваленті: вартісні витрати, пов'язані з витратами людської праці (енергетичний еквівалент зарплати); витрати в минулому пов'язані з упредметненою енергією на виробництво використовуваного на кар'єрі обладнання і споруд (енергетичний еквівалент амортизації); еквівалентні енергетичні витрати, пов'язані з екологічним збитком і таке інше.

Аналіз показав, що всі перераховані вартісні витрати, які зазвичай входять в собівартість продукції, можна пов'язати з еквівалентними питомими витратами енергії і представити у вигляді залежності цих витрат від продуктивності дільничного екскаватора.

Таким чином, теоретичні викладки та експериментальні дослідження показали, що сумарні еквівалентні енергетичні витрати по екскаваторній дільниці можуть бути представлені у вигляді:

$$E_e = \left(N_0 + e_K \cdot K_B \cdot \dot{I}_{\dot{E}} + \frac{e_K^2 K_B}{N_0} \dot{I}_{\dot{E}}^2 \right) 3600 t_C, \text{ кВт.год}, \quad (1)$$

де N_0 – сумарна виробнича потужність витрат на календарному часі, яка не залежить від виробничої продуктивності екскаватора, кВт;

e_K – питома енергоємність копання ґрунта екскаватором, Дж/м³;

K_B – коефіцієнт використання екскаватора за зміну;

P_K – продуктивність копання ґрунта екскаватором, м³/хв;

t_3 – тривалість зміни, годин.

Тоді загальну еквівалентну енергоємність ексакаваційних робіт на дільниці запишемо у вигляді:

$$e_{\Sigma} = \frac{E_{ek}}{\dot{I}_{\dot{E}} t_C} = \frac{N_0}{\dot{I}_{\dot{E}}} + e_K K_B + \frac{e_K^2 K_B}{N_0} \dot{I}_{\dot{E}}, \quad (2)$$

де e_{Σ} – загальна питома еквівалентна енергоємність екскаваційних робіт на дільниці, кДж/м³.

Одержана залежність має екстремальний вигляд (рис. 1). Дослідження цієї залежності (2) на екстремум дозволяє знайти як оптимальне значення продуктивності екскавації (рис. 1)

$$\dot{I}_{\hat{E}}^o = \frac{N_0}{e_K \sqrt{K_B}}, \quad (3)$$

так і мінімальне значення енергоємності екскавації, кДж/м³

$$e_{\Sigma}^{\min} = (2\sqrt{K_B} + K_B) e_K. \quad (4)$$

Необхідно відмітити, що друга складова виразу (2) не залежить від продуктивності екскаваційних робіт, тому на значення оптимальної величини продуктивності екскавації $\dot{I}_{\hat{E}}^i$ не впливає.

Таким чином, на блоці підірваних гірських порід екскаватор може працювати з якою завгодно продуктивністю, але мінімальному значенню еквівалентних енергетичних витрат e_{Σ}^{\min} буде відповідати оптимальна продуктивність $\dot{I}_{\hat{E}}^o$.

Якщо на кар'єрі працюють дві дільниці (два екскаватори), тоді загальну еквівалентну енергоємність по кожній з дільниць можна розрахувати за виразами:

$$e_{\Sigma 1} = \frac{N_{01}}{\dot{I}_{K1}} + e_{K1} K_{B1} + \frac{e_{K1}^2 K_{B1}}{N_{01}} \dot{I}_{\hat{E}1}; \quad (5)$$

$$e_{\Sigma 2} = \frac{N_{02}}{\dot{I}_{K2}} + e_{K2} K_{B2} + \frac{e_{K2}^2 K_{B2}}{N_{02}} \dot{I}_{\hat{E}2}, \quad (6)$$

де $e_{\Sigma 1}$ та $e_{\Sigma 2}$ – загальні енергоємності екскаваційних робіт на кожній із дільниць;

e_{K1} , e_{K2} , N_{01} , N_{02} , K_{B1} , K_{B2} – коефіцієнти для виразів (5) і (6);

Π_{K1} та Π_{K2} – продуктивності екскаваційних робіт для першої і другої дільниць відповідно.

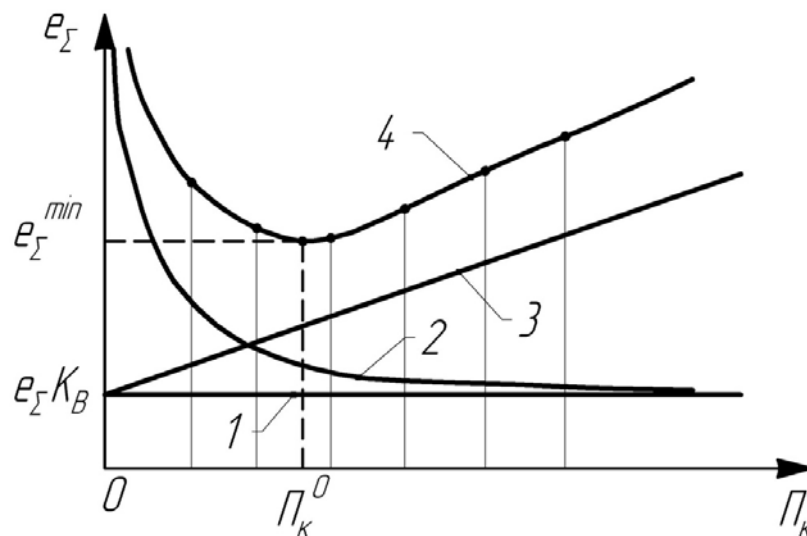


Рисунок 1 – Залежність сумарної еквівалентної енергоємності екскаваційних робіт від продуктивності дільничного екскаватора:

1 – $e_1 = e_K K_B$ – умовно-стала складова енергоємності;

$$2 - e_2 = \frac{N_o}{\ddot{I}_{\hat{E}}} - \text{гіперболічна складова енергоємності};$$

$$3 - e_3 = \frac{e_K^2 K_B}{N_o} \ddot{I}_{\hat{E}} - \text{лінійна складова енергоємності}; 4 - e_{\Sigma} = e_1 + e_2 + e_3.$$

Аналіз залежності виразів (5) та (6) від продуктивності екскавації Π_K для кожної з ділянок дозволяє встановити оптимальні значення продуктивності незалежно однієї ділянки від іншої:

$$\ddot{I}_{\hat{E}1}^o = \frac{N_{01}}{\left(e_{K1} \sqrt{K_{B1}}\right)}; \quad (7)$$

$$\ddot{I}_{\hat{E}2}^o = \frac{N_{02}}{\left(e_{K2} \sqrt{K_{B2}}\right)}. \quad (8)$$

Одержані значення продуктивності є локальними оптимумами тому, що знайдені на основі приватних критеріїв оптимальності – загальній еквівалентній енергоємності екскаваційних робіт для кожної ділянки.

В разі, якщо дві ділянки складають загальну систему (кар'єр) і ставиться завдання встановлення оптимальних значень продуктивності екскаваційних робіт на кожній із ділянок, але загальна еквівалентна енергоємність екскаваційних робіт по кар'єру повинна бути мінімальною. При цьому сумарна продуктивність екскавації повинна дорівнювати сумі раніше знайдених оптимальних значень (7) та (8)

$$\ddot{I}_{\hat{E}1} + \ddot{I}_{\hat{E}2} = \ddot{I}_{\hat{E}1}^i + \ddot{I}_{\hat{E}}^i = const.$$

Аналітичний запис математичної моделі системи (кар'єру), що складається із двох ділянок має вигляд:
критерій цілі

$$e = \frac{e_{1\Sigma} \ddot{I}_{\hat{E}1} + e_{2\Sigma} \ddot{I}_{\hat{E}2}}{\ddot{I}_{\hat{E}1} + \ddot{I}_{\hat{E}2}} \rightarrow \min; \quad (9)$$

обмеження

$$\ddot{I}_{\hat{E}} = \ddot{I}_{\hat{E}1} + \ddot{I}_{\hat{E}2} = \frac{N_{01}}{e_{K1} \sqrt{K_{B1}}} + \frac{N_{02}}{e_{K2} \sqrt{K_{B2}}}. \quad (10)$$

В математичному відношенні сформульована задача є задачею на умовний екстремум (задача Ейлера) і може бути розв'язана з використанням методу невизначених множників Лагранжа.

Для знаходження мінімуму складної функції $L(\Pi_{K1}, \Pi_{K2}, \lambda)$ від декількох аргументів складемо наступну систему рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\ddot{a}L}{\ddot{a}\dot{I}_{\hat{E}1}} = \frac{1}{\frac{\dot{I}_{01}}{\dot{a}_{\hat{E}1}\sqrt{\hat{E}_{\hat{A}1}}} + \frac{\dot{I}_{02}}{\dot{a}_{\hat{E}2}\sqrt{\hat{E}_{\hat{A}2}}}} \left(\dot{a}_{\hat{E}1}\hat{E}_{\hat{A}1} + \frac{2\dot{a}_{\hat{E}1}^2\hat{E}_{\hat{A}1}}{N_{01}}\dot{I}_{\hat{E}1} + \lambda \right) = 0; \end{array} \right. \quad (11)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\ddot{a}L}{\ddot{a}\dot{I}_{\hat{E}2}} = \frac{1}{\frac{\dot{I}_{01}}{\dot{a}_{\hat{E}1}\sqrt{\hat{E}_{\hat{A}1}}} + \frac{\dot{I}_{02}}{\dot{a}_{\hat{E}2}\sqrt{\hat{E}_{\hat{A}2}}}} \left(\dot{a}_{\hat{E}2}\hat{E}_{\hat{A}2} + \frac{2\dot{a}_{\hat{E}2}^2\hat{E}_{\hat{A}2}}{N_{02}}\dot{I}_{\hat{E}2} + \lambda \right) = 0; \end{array} \right. \quad (12)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\ddot{a}L}{\ddot{a}\lambda} = \dot{I}_{\hat{E}1} + \dot{I}_{\hat{E}2} - \frac{N_{01}}{e_{01}\sqrt{K_{B1}}} - \frac{N_{02}}{e_{02}\sqrt{K_{B2}}} = 0. \end{array} \right. \quad (13)$$

Знаходячи розв'язок системи з трьох рівнянь з трьома невідомими, одержимо оптимальні значення продуктивності екскавації для кожної екскаваційної ділянки з точки зору кар'єру, як системи з двох елементів:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{\hat{E}1}^i = & \frac{1}{1 + \frac{N_{01}e_{K2}^2K_{B2}}{N_{02}e_{K1}^2K_{B1}}} \left[\left(\frac{N_{01}}{2e_{K1}^2K_{B1}} \right) (e_{K2}K_{B2} - e_{K1}K_{B1}) + \right. \\ & \left. + \left(\frac{N_{01}e_{K2}^2K_{B2}}{N_{02}e_{K1}^2K_{B1}} \right) \left(\frac{N_{01}}{e_{K1}\sqrt{K_{B1}}} + \frac{N_{02}}{e_{K2}\sqrt{K_{B2}}} \right) \right]; \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_{\hat{E}2}^i = & \frac{1}{1 + \frac{N_{02}e_{K2}^2K_{B2}}{N_{01}e_{K1}^2K_{B1}}} \left[\left(\frac{N_{02}}{2e_{K2}^2K_{B2}} \right) (e_{K1}K_{B1} - e_{K2}K_{B2}) + \right. \\ & \left. + \left(\frac{N_{02}e_{K1}^2K_{B1}}{N_{01}e_{K2}^2K_{B2}} \right) \left(\frac{N_{01}}{e_{K1}\sqrt{K_{B1}}} + \frac{N_{02}}{e_{K2}\sqrt{K_{B2}}} \right) \right]. \end{aligned} \quad (15)$$

Як бачимо з виразів (14) та (15), оптимальне значення продуктивності екскавації в цьому випадку відрізняється від виразів (7) та (8). Тільки при умові $N_{01} = N_{02} = N_0$, $e_{K1} = e_{K2} = e_K$ та $K_{B1} = K_{B2} = 1$ вирази (14) і (15) ідентичні виразам (7) та (8).

Відомо, що здібність системи отримувати нові, по відношенню до елементів системи, властивості називається емерджентністю. Таким чином, розглянутий в статті підхід до оптимізації продуктивності екскаваційних робіт на кар'єрі дозволяє врахувати принцип емерджентності при їх проектуванні та плануванні.

ВИСНОВКИ.

1. В умовах нестабільної економіки замість вартісних критеріїв ефективності виробництва більш ефективні натуральні критерії.

2. Для оцінки ефективності екскаваційних робіт на кар'єрі використований критерій загальної еквівалентної енергоємності.

3. Залежність загальної еквівалентної енергоємності екскаваційних робіт від продуктивності екскаваційної ділянки має екстремальний характер, що дозволяє

встановити оптимальну продуктивність (3), якій відповідає мінімальне значення енергоємності (4).

4. Якщо розглядати кар'єр (систему), що складається з двох екскаваторних ділянок (елементів), то оптимальне значення продуктивності кожної екскаваторної ділянки (14, 15) в системі не співпадає з оптимальними значеннями при локальній оптимізації (7, 8), тобто реалізується так званий принцип емерджентності.

Бібліографічний список

1. Темченко А.Г. Ресурсозберігаючі технології гірничого виробництва / А.Г. Темченко // Кривий Ріг: «Мінерал», 2000. – 216 с.

2. Темченко А.Г. Научные основы оценки и выбора энергосберегающих технологий открытой разработки железорудных месторождений: дис.... докт. техн. наук: 05.15.03 / Темченко Анатолий Георгиевич. – Кривой Рог, 2001. – 321 с.

УДК 622.236.9, 622.271.2

І.О. Фоменко, к.т.н., доц., А.І. Ковтун, асистент, Національний технічний університет України «КПІ»

КЕРУВАННЯ НАПРЯМОМ ТРІЩИНОУТВОРЕННЯ В ШПУРАХ ГРАНІТНИХ БЛОКІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ НЕВИБУХОВИХ РУЙНУЮЧИХ СУМІШЕЙ

Выполнены теоретические исследования технологических вариантов управления направлением разкола блочного камня, при использовании пластин-вставок в шпурах невзрывчатыми разрушающими составами. Управление основывается на подборе ширины пластин-вставок или за счет поворота пластины-вставки вокруг вертикальной оси с учетом анизотропных свойств камня. Проведенные исследования позволяют обеспечить раскол блочного камня вдоль оси с максимальной или минимальной прочностью. Решение поставленной задачи расширит технологические возможности использования НРС.

Develop theoretical study variant management control procedure direction cleft block stone of une inexplusive destroying composition (IDC). Management anticipate picking up width inset, take into account aeolotporicpropty stone.

1. Гарантувати впевнене керування напрямом розколу породи.

Уникнути викидів (пострілів) НРС з шпурів при високих позитивних **Актуальність роботи.** Промислове використання невибухових руйнуючих сумішей (НРС) для видобутку блочного каменю, руйнування негабаритів або старих фундаментів на будівництві продовжується вже більше 25 років. Досвід використання НРС підтвердив перспективність ряду розроблених технологій. Однак практика застосування НРС довела, що для їх широкого застосування необхідно вирішити одразу цілий комплекс наукових та практичних задач, а саме:

2. температурах, що являє собою значну небезпеку для працюючих.
3. Забезпечити за рахунок конструкції технологічного обладнання можливість попереднього стискання НРС в шпурі перед початком кристалізації і за рахунок цього підвищити потенційні можливості суміші (підвищення тиску)
4. Забезпечити простоту конструкції обладнання та технологічність його виготовлення, що дасть можливість виробляти його безпосередньо в механічній майстерні любого кар'єру і забезпечить значний економічний ефект.

Проведені в НТУУ «КПІ» пошукові дослідні та проектно-конструкторські роботи дозволили розробити таке обладнання, конструкція якого в даний час патентується.

Матеріал та результати досліджень. Для розробки та дослідження процесу керування напрямом розколу блочного каменю за рахунок розміщення в шпурі з НРС пластини-вставки було перш за все проаналізовано співвідношення рівнодіючих сил, що навантажують стінки шпура в залежності від товщини пластини-вставки.

На рис. 1 зображена схема навантаження шпура з пластиною-вставкою. Пластина-вставка забезпечує нерівномірне навантаження стінки шпура по осях y та x , що призводить до виникнення максимальних розтягуючих напружень у точках a та подальшого тріщиноутворення в породі вздовж осі x .

Для наведеного нижче аналітичного аналізу був обраний поширений на гранітних кар'єрах діаметр шпура, а саме 40 мм. Поширеність цього діаметру пояснюється перша за все його технологічними перевагами, так як цей діаметр можна отримати, як за рахунок машинного буріння, так і в ручному режимі за допомогою пневматичних перфораторів.

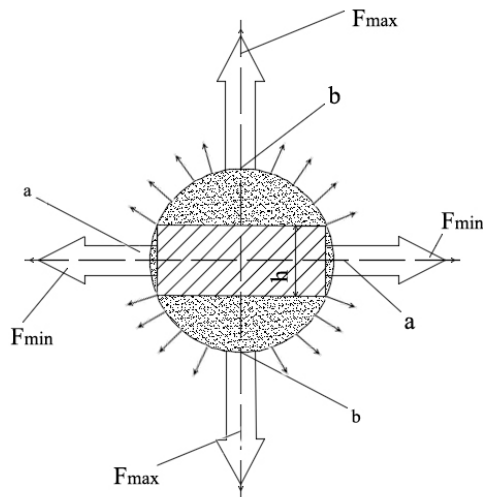


Рисунок 1 – Схема нагрюнення шпура з пластиною-вставкою невибуховою руйнуючою сумішшю, де P – тиск у шпурі; точки a і b – місце прикладення максимальної F_{max} та мінімальної F_{min} рівнодіючих сил; осі x і y – осі з максимальною та мінімальною міцністю породи; h – товщина пластини-вставки.

Аналіз був проведений для пластин-вставок товщиною 8; 10; 12 та 14 мм.

Залежність співвідношення сил, діючих на стінку шпура від товщини пластинки-вставки, представлена на рис. 2. Це співвідношення лежить в діапазоні від 1,22 (товщин 8 мм) до 1,44 (товщина 14 мм).

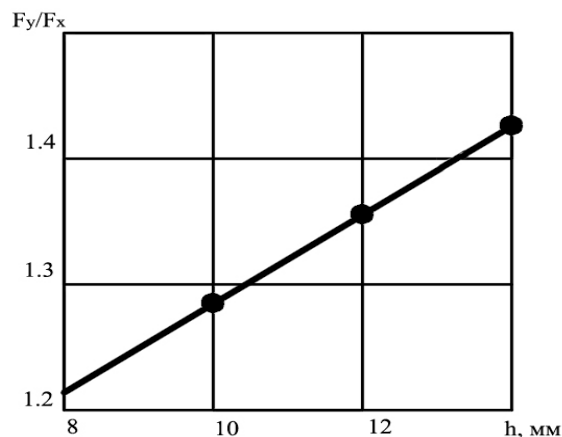


Рисунок 2 – Залежність співвідношення рівнодіючих сил в шпурі від товщини пластини-вставки

На рис. 3 представлена технологія керування напрямом розколу породи за допомогою пластини-вставки та з урахуванням анізотропних властивостей породи.

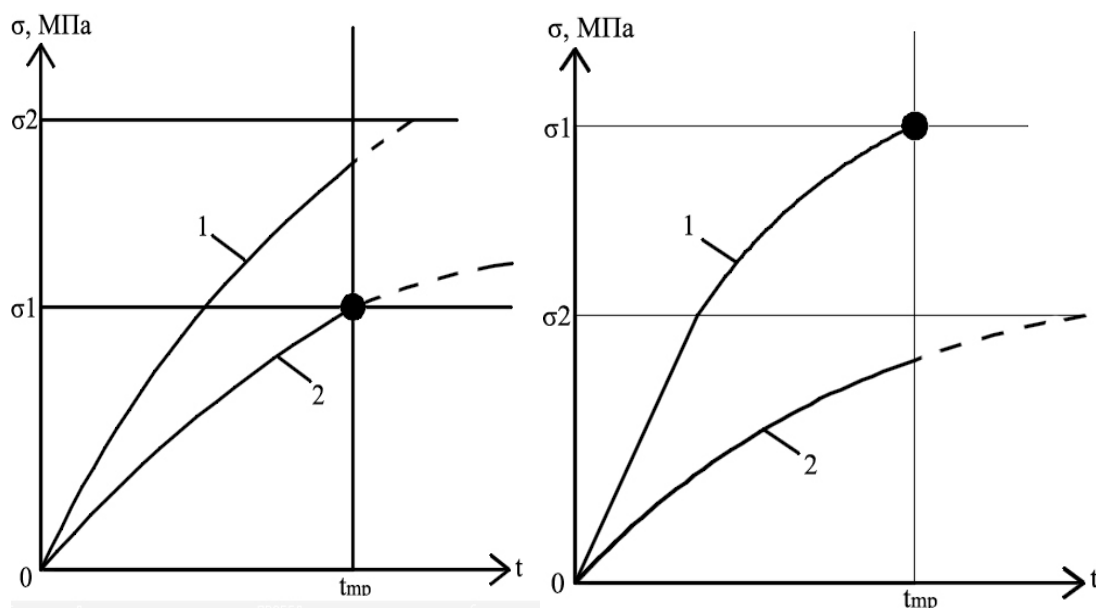


Рисунок 3 – Керування напрямом тріщиноутворення по осі з мінімальною міцністю (рис. 3а) та по осі з максимальною міцністю (рис. 3б) за рахунок зміни товщини пластини-вставки, де σ_1 та σ_2 – допустимі напруження на розтягування по осях з максимальною та мінімальною міцністю; t_{mp} – час тріщиноутворення; 1 та 2 – криві зростання напружень розтягування по осях з максимальною та мінімальною міцністю.

Слід зазначити, що наведені на рис. 3 а та 3 б графіки росту σ_1 та σ_2 передбачають відсутність релаксаційних процесів в породі, що має місце при високих температурах оточуючого середовища, коли процес кристалізації НРС та підвищення тиску в шпурі відбувається досить швидко (час тріщиноутворення не перевищує 1 години).

У разі, якщо НРС використовують при відносно низьких температурах оточуючого середовища ($0^\circ \dots 10^\circ$), процес кристалізації НРС гальмується і час кристалізації може досягати 4-24 годин.

За такий значний час в породі протікають відчутні релаксаційні процеси, які призводять до поступового зниження міцності породи, тобто до поступового зменшення значень σ_1 та σ_2 .

Слід очікувати, що динаміка зменшення міцності породи по осях з максимальною та мінімальною міцністю буде різною і в першу чергу буде зумовлена напрямом орієнтації кристалів породи.

Таким чином для ретельної розробки технології керування напрямом розколу породи за рахунок використання НРС необхідно в комплексі враховувати, як анізотропні властивості породи, так і в певних випадках враховувати релаксаційні процеси, що протікають в ній.

Для цього треба було розробити спеціальний прилад для моніторингу тиску в шпурі під час кристалізації НРС. Авторам не було відомо вирішення цієї науково-практичної задачі і вони вирішили її самостійно, створивши спеціальний гідравлічний зонд для моніторингу тиску в твердіючій НРС.

Загальний вигляд гідравлічного зонду, встановленого в шпурі з НРС та пластиною-вставкою наведений на рис. 4.

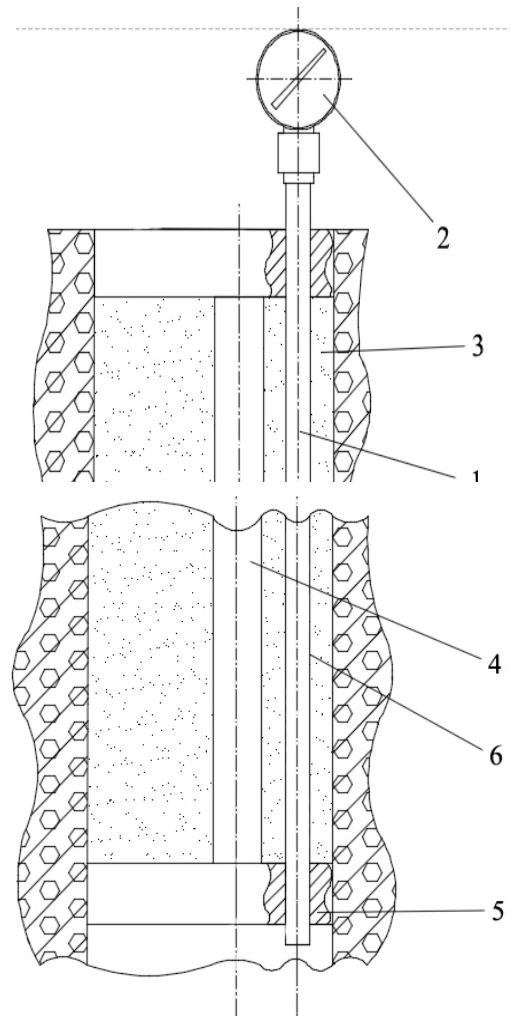


Рисунок 4 – Гідравлічний зонд в шпурі з НРС та пластиною-вставкою, де 1 – металева трубка з робочою рідиною (гліцерином); 2 – манометр; 3 – НРС; 4 – пластина-вставка; 5 – обмежуючі шайби; 6 – стінка шпура.

Під час кристалізації НРС у шпурі підвищується тиск. При цьому стискається трубка 1 з рідиною і тиск цієї рідини фіксується манометром 2.

Після проведення тарировочного експерименту гідравлічний зонд може бути використаний для заміру тиску в НРС.

Висновки:

1. У результаті проведених досліджень доведено, що для направлено розколу монолітів при використанні пластин-вставок в шпурах з невибуховими руйнуючими сумішами, для гарантування заданого напрямку розколу необхідно враховувати анізотропні властивості породи.
2. При відносно низьких температурах оточуючого середовища технологія керування напрямом розколу породи повинна в комплексі враховувати, як анізотропні властивості породи, так і релаксаційні процеси в породи, що зумовлені уповільненим процесом кристалізації НРС.
3. Динаміка навантаження шпуру під час кристалізації НРС повинна аналізуватися за допомогою гідравлічного зонду, який забезпечує моніторинг тиску в шпурі,

що дає можливість розраховувати напруження на поверхні шпура, від яких залежить напрямок тріщиноутворення.

Бібліографічний список

1. Карасев Ю.Г. Бакка Н.Т. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня // Учебное пособие для студентов высш. учеб. зав. - Санкт- Петербургский горный институт. - СПб, 1979. - 428 с.
2. Відокремлення монолітів за допомогою шнурів, які мають профільні надрізи в площині передбачуваного відколу / П.З. Луговий, О.І.Фоменко // 28 міжнародна наукова конференція ім. академіка С.А. Христановича, 22-28 вересня 2008: тези докладів. - Алушта, 2008. - С. 23-26.
3. І.Г. Сахно, М.М. Касьев Патент на винахід №100062, МПК(2006.01) E2IC 37/06. Спосіб руйнування гірських порід невибуховими руйнуючими сумішами й патрон для його реалізації / -а. 201100476, - 2012, - бюл. 21 - 5с.
4. В.И. Штеле Авторское свидетельство СССР №1798495. Скважинная вставка для направленного разрушения монолитов разширяющимися веществами. -1993 - бюл. № 8.

Яковчук І. В., студ., Шевчук Н.А., к.т.н., доц., науковий керівник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, вул. Борщагівська, 115, Україна, yakovchuk.iren@mail.ru

ПРОБЛЕМА ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН З ВЕЛИКИХ ГЛИБИН

Многие производственные и технологические процессы требуют для своего обеспечения большого количества тепловой энергии (пара или горячего газа), которую можно легко получить путём сжигания газа в технологической установке или в непосредственной близости от неё. Необходимое количество горючего газа с заданными свойствами может быть получено путём газификации угля.

Many manufacturing processes is require large amount of heat (steam or hot gas) which can be easily obtained by burning the gas in technological equipment. The required amount of combustible gas with prescribed properties can be obtained by the gasification of coal.

На даний час дуже гостро постає проблема видобутку корисних копалин з великих глибин залягання, особливо гостро ця проблема постає в Україні з видобутком кам'яного та бурого вугілля. Основу проблеми становить те, що на даний час, фактично відсутні впровадженні технології по видобутку корисних копалин при великій потужності залягання у земній корі, або існуючі технології такі, як шахтний метод видобутку, є економічно недоцільними в кращому випадку, а в гіршому – взагалі збитковими. Але присутні й такі, що мають перспективу застосування [1]. Враховуючи те, що Україна має надзвичайно великі запаси вугілля, але на недосяжних, на даний час, глибинах, впливає ще одна проблема – реалізації ресурсного-економічно потенціалу країни [3]. В зв'язку з цим пропонуються наступні шляхи вирішення проблеми.

Одним з перспективних рішень може бути підземна газифікація корисних копалин [2], що може забезпечити Україну відносно дешевим енергетичним ресурсом.

Газифікація – складний комплексний процес, що включає прогрівання покладу, видалення вологи і легко летких компонентів, переведення в рідку фазу легкоплавких компонентів, процеси гетерогенного і гомогенного горіння, фільтрації газів, взаємодії компонентів газової фази, механічного розтріскування і обвалення порід внаслідок температурного впливу, конденсацію летких речовин і інше. Найважливіша ознака всіх способів газифікації є їх автотермічність, що дозволяє підтримувати процес газифікації

без підведення тепла ззовні, тобто за рахунок екзотермічних реакцій частини горючих компонентів покладу з киснем дуття. При цьому ж планується мати справу з підземною газифікацією корисних копалин, що являє собою спосіб розробки родовищ корисних копалин (вугілля, сланців, сірки і інших копалин, що містять горючі компоненти), оснований на фізико-хімічних перетвореннях корисних копалин у газоподібні і рідкі продукти за допомогою повітря, водяної пари, кисню або їх сумішей при високій температурі.

Основним продуктом газифікації вугілля, сланців і бітумів є: горючий газ, рідке паливо, смоли, масла, феноли і інші продукти; сірки – сірчистий ангідрид, рідка і пароподібна сірка.

На даний час науково-виробнича фірма «Ведмідь», розробила і захистила патентами України та Росії геотехнологія отримання водню способом підземної газифікації (ПГВ) з різних марок вугілля. Результатом процесу ПГВ є синтез-газ який вміщує в 47,9 об.% водню. Середній склад якого (в об.%): $H_2O = 0,5$; $H_2 = 47,9$; $CO = 49,2$; $CO_2 = 0,6$. Після очищення синтез-газу від домішок отримуємо 97-99% водень, і приблизний склад решти горючого газу після очищення залишився $CO = 97,8\%$; $H_2O = 1,0\%$; $CO_2 = 1,2\%$. З однієї тонни вугілля можливо отримувати 40 кг водню, з орієнтовною собівартістю 0,5 долару США за 1кг водню.

Основними перевагами підземної газифікації корисних копалин є: – низькі витрати на розкриття покладів, низькі енерговитрати внаслідок автотермічності процесів газифікації, збереження родючого шару ґрунту, екологічна чистота.

Недоліками є: - складність управління процесом горіння, можливість витoku газу через тріщини в покрівлі покладу, необхідність високої природної або штучної проникності покладу, а також невелика теплота згоряння газу: 3,3 МДж/м³ для бурого і до 5 МДж/м³ для кам'яного вугілля.

І як висновок можна сказати, що можливість реалізації способів газифікації практично не залежить від глибини залягання корисних копалин, тому актуальність їх розвитку зростає по мірі вичерпання запасів, доступних для традиційних методів.

Бібліографічний список

1. Шишаков Н. В. Основы производства горючих газов, М. — Л., 1948; Труды VI международного нефтяного конгресса, в. 2—7, М., 1965; Христианович С. А. [и др.], Способ получения электроэнергии на тепловых электростанциях. Авторское свидетельство № В 1922 (запатентовано в США, Англии и др.).
2. Альтшулер В.С. Новые процессы газификации твердого топлива. М.: Недра, 1976.-200 с.
3. Равич М.Б. Эффективность использования топлива. М.: Изд-во «Москва», 1977. - 344 с.
4. Хоффман Е. Энерго-технологическое использование угля. М.: Энергоатомиздат, 1983. - 152 с.
5. Чуханов З.Ф., Хитрин Л.Н. Энерготехнологическое использование топлива. М.: Изд-во АН СССР, 1956. - 128 с.
6. Лебедев В.В., Рубан В.А., Шпирт М.Я. Комплексное использование углей. М.: Недра, 1980. - 236 с.
7. Силин В.Е., Кузнецов А.А., Надир С.М., Костюнин В.В., Рыжков А.Ф., Загруднинов Р.Ш. Перспективы использования биомассы в энергетических циклах с газификацией // Энергетика региона № 1 -2 (78-79) январь-февраль 2005, С. 43-46.

МАЛА ГІРНИЧА ЕНЦИКЛОПЕДІЯ – ВНЕСОК В УКРАЇНСЬКУ ГІРНИЧУ ОСВІТУ, НАУКУ, ТЕРМІНОЛОГІЮ

Дана характеристика трьохтомного наукового видання «Мала гірнича енциклопедія». Показана її роль у розвитку української гірничої термінології, вплив на гірничу освіту і науку.

Нещодавно вийшов останній основний том “Малої гірничій енциклопедії” (МГЕ) – універсального тритомного довідкового видання у галузі гірничої науки та техніки. У цілому три основних томи Енциклопедії містять 17350 статей (1-й – 6400, 2-й – 5250, 3-й – 5700), які висвітлюють різні аспекти розвідки, видобування й переробки твердих, рідких і газоподібних корисних копалин, питання шахтного та підземного будівництва, а також історії гірничої діяльності [1 – 3].

Подано відомості про утворення, склад та властивості мінералів і гірських порід, сучасні геотехнології, розглянуто різні аспекти відкритої, підземної, підводної розробки родовищ, механізації гірничих робіт, гірничого нагляду, гірничорятувальної справи, охорони праці. Охоплені питання умов залягання родовищ корисних копалин і фізичних явищ, що відбуваються в товщі гірських порід при проходженні гірничих виробок, способів розкривання й систем розробки родовищ, способів видобування та збагачення корисних копалин, гірничої геомеханіки, маркшейдерії, боротьби з рудниковим газом і пилом, організації виробництва, гірничої економграфії.

Подано опис ресурсів і запасів основних видів корисних копалин. Крім того, вказані основні відомості щодо охорони довкілля при експлуатації надр. Вміщено ґрунтовні статті по хімії вугілля, нафти, торфу, природного газу, твердих горючих копалинах.

Підбір матеріалу враховує сучасні тенденції інтеграції різних галузей знань, зокрема тісні взаємоперетини гірництва з екологією, економікою, автоматизацією, іншими галузями науки і техніки. Виходячи з цього до складу Енциклопедії включено ряд термінів з інших наук (фізики, хімії, технічної кібернетики, економіки тощо), які мають базисне значення – загалом їх до 5% всього обсягу роботи.

Статті Енциклопедії складаються зі слова-заголовка, після якого наводиться закінчення родового відмінка, відповідника російською, англійською, німецькою мовами та опису терміну українською мовою. Особливо важливі статті мають розгорнутий характер. Статтям надано енциклопедичного характеру (вони типізовані, застосована система посилань). Таким чином, Енциклопедія є одночасно тлумачним і перекладним багатомовним виданням.

У написанні статей МГЕ брали участь вчені Національного гірничого університету (м. Дніпропетровськ), Донецького національного технічного університету, НТУУ «Київський політехнічний інститут», Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, Донбаського державного технічного університету, Криворізького національного університету, Інституту “УкрНДІвуглезбагачення”, Інституту фізико-органічної хімії та вуглехімії НАН України, Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України, Макіївського науково-дослідного інституту з безпеки робіт в гірничій промисловості (МакНДІ), НДІ гірничої механіки ім. М.М.Федорова, наукових спілок та організацій – Академії гірничих наук України, Академії будівництва України, Української нафтогазової академії, Наукового Товариства

ім. Шевченка та інших наукових установ і організацій. Голова редакційної колегії – проф. Володимир Білецький (Донецький національний технічний університет).

При підготовці текстів статей були використані фундаментальні довідкові видання (“Гірничий енциклопедичний словник”, “Горная энциклопедия”, “Мінералогічний словник” (Лазаренко Є.К., Винар О.М.), “Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии”, “Геологический словарь”, “Географічна енциклопедія України”, “Мінералогическая энциклопедия” (під редакцією К. Фрея), Атлас “Геологія і корисні копалини України”, Атлас нафтогазоносних провінцій України, Глумачно-термінологічний словник-довідник з нафти і газу (Бойко В.С., Бойко Р.В.); фундаментальні монографії й підручники сучасних науковців, а також періодичні видання гірничого профілю, спеціальна фахова література, стандарти (список літератури складає 563 джерела) та Інтернет.

Вже з появою першого тому МГЕ (2004 р.) видання розпочало своє плідне життя в сфері гірничої освіти. Першочергово воно стало в нагоді авторам україномовних підручників і навчальних посібників, оскільки забезпечувало сучасну термінологічну базу й виважені дефініції основних гірничих процесів. Зокрема МГЕ та її попередник «Гірничий енциклопедичний словник» сприяли підготовці підручників «Бібліотеки гірничого інженера» в 14 книгах (під редакцією Президента Академії гірничих наук України Бизова В.Ф.), а також десятків інших навчальних книг в усіх без винятку гірничих вишах України.

МГЕ в стані суттєво допомогти студентам гірничих спеціальностей при засвоєнні навчального матеріалу, оскільки дає лаконічні й зрозумілі понятійні визначення гірничих процесів, машин, механізмів, технологічних способів тощо, а ілюстративний матеріал сприяє наочній уяві зазначених об’єктів. Енциклопедія допомагає студенту у формуванні технічно грамотної фахової мови й загальної науково-технічної ерудиції.

Для науковців МГЕ є інтегрованим довідковим виданням, яке включає найсучасніші досягнення гірничих наук із залученням світового (значною мірою Західного) досвіду, що вигідно вирізняє цю роботу. Крім того, україномовна гірничо-термінологічна база стає все більше затребуваною науковцями України та її сусідами.

На формуванні термінологічної бази слід зупинитися більш детально. Структура основного трьохтомного видання МГЕ вдосконалена до класичної алфавітної побудови. Під час роботи над Енциклопедією автори притримувалися інтегральних принципів терміноутворення, коли проблема номінування того чи іншого поняття вирішувалося індивідуально – з використанням потенціалу рідної мови або шляхом інтерпретації вже готового терміна з іншої мови, звідки поняття запозичувалося і вводилося в національну терміносистему (через транскрибування, прямий переклад, калькування). При цьому також враховувалися традиції використання гірничих термінів в Україні, їх походження, а також ареал розповсюдження гірничих термінів-синонімів у світі.

Основний обсяг Енциклопедії займає усталена гірничо-термінологія, яка просто зафіксована в цьому науково-дослідному виданні. Біля 15-20% термінів уточнено, і лише окремі терміни подано вперше.

Деякі загальноживані терміни подані з синонімічними відповідниками, що дає можливість паралельного користування ними протягом періоду усталення, саморегулювання вітчизняної гірничої терміносистеми. До таких випадків належать, скажімо: *стовбур* і *ствол*.

При підготовці матеріалу Енциклопедії авторами враховано зміни в реаліях мовної практики і науки в Україні, рішення про осучаснення вітчизняної термінології у відповідних галузях знань (звідси, скажімо, *йон* замість *іон*, *флуор* замість *фтор*, *арсен* замість *миш'як*, *стибій* замість *сурма* тощо).

Певну складність становило виокремлення термінів з літерами *г* та *г*. Авторів вважали за потрібне в термінах латинського походження, а також термінах з німецької, англійської, французької мов здебільшого транслітерувати *g* через *г*, а в термінах

грецького походження - найчастіше через *g*. При цьому враховувалася традиція м'якого *g* в українській мові, напр., в широковживаних словах *грам*, *градус* тощо. Водночас в іноземних прізвищах літера *g* передана через *г*: *Гіббс*, *Галілей*, *Гальвані*, *Гаусс* і т.д. Вважалося цілком виправданим вживання літери *г* всередині або в кінці слів-термінів: *обґрунтування*, *квершилаг* тощо, а також прізвищ: *Аґрікола*.

Відчутну складність становить застосування і тлумачення в гірничій термінології паронімів, якими багата українська мова, але які, на жаль ряд існуючих словників часто подають їх як синоніми.

Автори не уникали активних дієприкметників із суфіксами *-учий*, *-ючий*, наприклад, *нівелюючий*, *контактуючий* і т.ін., бо повне їх виключення, яке рекомендують деякі автори, збіднює сучасну українську мову, хоча в деяких випадках таке уникання правомірне.

При підборі термінів автори намагалися збалансовано представити гірничі науки, відобразити національну гірничу термінологію, яка історично склалася в минулі віки, врахувати розвиток нових наукових напрямків.

За час, який минув від виходу в світ 1-го тому МГЕ (2004 р.) проект привернув значну увагу науковців-гірників як в Україні, так і за кордоном. Зокрема, електронна версія МГЕ (т.1) розташована редакційною колегією на найбільшому гірничому інтернет-порталі Європи за адресою www.Teberia.pl

У майбутньому в окремий (додатковий) том вирішено винести описи територій країн як об'єктів гірничої діяльності, відомості про провідні вітчизняні та закордонні виробничі одиниці, фірми, компанії що працюють у гірничій промисловості й гірничому машинобудуванні, а також дані про інститути, університети, науково-виробничі та громадські організації гірничого профілю. Крім того, планується дати опис персоналій – видатних та відомих науковців і практиків, які зробили суттєвий внесок у гірничу науку, техніку та організацію виробництва.

Запрошуємо студентів, викладачів і науковців до широкого користування надбаннями МГЕ: трьохтомник є майже в усіх наукових бібліотеках технічних університетів, крім того, є легкодоступним і безкоштовним в мережі Інтернет (достатньо в google набрати Мала гірнича енциклопедія). Сподіваємося на щасливу долю цього унікального видання.

Бібліографічний список

1. Мала гірнича енциклопедія, т. 1 / За редакцією В.С. Білецького. – Донецьк: Донбас, 2004. – 640 с.
2. Мала гірнича енциклопедія, т. 2 / За редакцією В.С. Білецького. – Донецьк: Донбас, 2007. – 652 с.
3. Мала гірнича енциклопедія, т. 3 / За редакцією В.С. Білецького. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2013. – 644 с.

УДК 681.2.621

К.т.н. Стовпник С.М., к.т.н. Загоруйко Е.А., студ. Федоренко К.В. (НТУУ КПІ), м.Київ,

ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ МЕТРОТУНЕЛЮ МІЛКОГО ЗАКЛАДАННЯ У НАМИВНИХ ГРУНТАХ

В роботі досліджувалась просадковість ґрунтів при замочуванні і періодичному навантаженні, а також, впливу динамічної складової навантаження на конструкцію від руху метро потягів.

В работе исследовалась просадковистость грунтов при замачивании и периодическом нагрузке, а также влияния динамической составляющей нагрузки на конструкцию от движения метро поездов.

This paper studied prosadkovist soil when soaking and periodic activity, as well as the impact of the dynamic component of load on the structure from motion subway trains.

При спорудженні перегінних тунелів відкритим способом у Київському метрополітені найбільш широко застосовується обробка з уніфікованих суцільних залізобетонних секцій заводського виготовлення із симетричним розташуванням колії. Така секція у вигляді одного конструктивного елемента повністю охоплює поперечний переріз одноколіїного перегінного тунелю. Ширина секції (розмір уздовж тунелю), як правило, становить 1000, 1500 або 2000 мм (рис. 1).

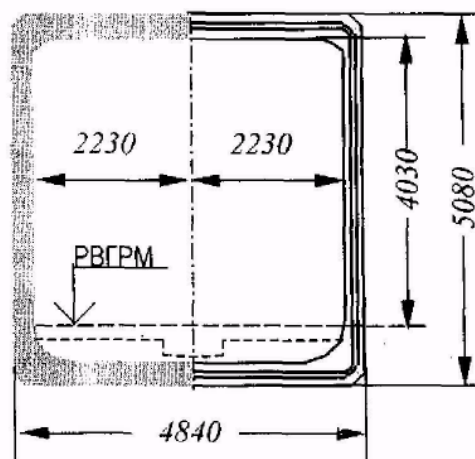


Рис. 1. Конструкція суцільно секційної обробки.

Актуальність теми безпосередньо впливає з невідповідності деяких ділянок перегінних тунелів Київського метрополітену експлуатаційним вимогам, яка була виявлена на діючих лініях. Застосування типової суцільно секційної оправи у слабких обводнених грунтах призвело до понаднормового осідання лоткової частини конструкції, порушення її суцільності в стиках між секціями, проникненню у тунелі підземної води, яке часто супроводжувалось також виносом ґрунтового матеріалу у тунель.

Основною причиною цих конструктивних порушень вважається динамічний циклічний вплив рухомого складу метрополітену в умовах розташування оправи на дуже слабкій ґрунтовій основі. Для припинення розвитку аварійної ситуації на деяких ділянках перегінних тунелів були виконані роботи по штучному зміцненню ґрунтової основи у нижній частині оправи, однак припинення осаджень не відбулося. При проходженні траси перегінних тунелів у слабких обводнених грунтах під впливом динамічних (вібраційних) навантажень від рухомого складу метрополітенів основа набуває значних незворотних деформацій осаджень, як приклад наведені результати спостережень на перегоні Харківська – Поздняки.

Через щілини, що утворюються між блоками, у середину тунелю проникає вода разом із частинками ґрунту. Потрапляння піску всередину тунелю викликає утворення за оправою порожнеч і ще більш послаблює ґрунтову основу, що викликає неприпустиме за умовами габариту наближення осідання та взаємопереміщення блоків суцільносекційної оправи перегінного тунелю.

Ґрунтова основа тунельних споруд при відкритих способах робіт представлена наливними пісками і сугіями (табл.1).

Таблиця 1.

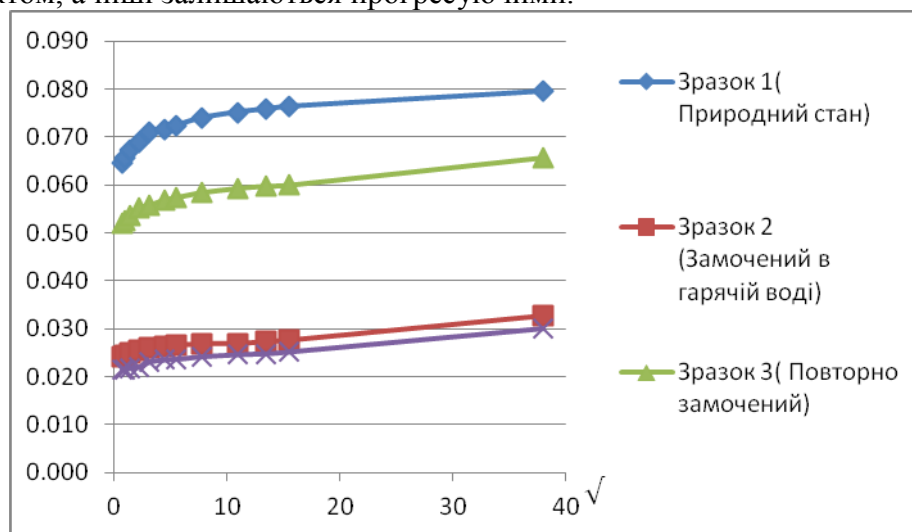
Фізико-механічні характеристики ґрунтів

	Вид ґрунту	Щільність ґрунту ρ_0 (т/м ³)	Щільність сухого ґрунту ρ_d (т/м ³)	Коефіцієнт фільтрації, K_f (м/добу)	Кут внутрішнього тертя φ^H (град)	Питоме зчеплення, c^H (МПа)	Модуль деформації, E_0 (МПа)
1	Пісок мілкий мало вологий середньої щільності	1,72	1,65	5,0	32	0,002	20
2	Пісок середньої крупності насичений водою, щільний	1,95	1,66	35	32	0,001	30

У наведених ґрунтах практично відсутнє структурне зчеплення між частинками. Тільки у перехідних формах цих ґрунтів - мілких та пилюватих пісках при наявності вмісту невеликої кількості глинистих частинок (до 3 %) може проявитися вкрай незначне структурне зчеплення порядку 0,002 ... 0,008 МПа. Згадане вказує на те, що єдиним фактором, який обумовлює механічну взаємодію частинок сипкого ґрунту, є сили тертя.

Наявність перетинання профілю траси метротунелю рівнем підземних вод і враховуючи сезонні коливання цього рівня були виконані лабораторні дослідження просадковості ґрунтів при замочуванні і періодичному навантаженні, що виявило наступне:

- При первинному і повторному замочуванні та ступінчастому навантаженні у ґрунтах умовної стабілізації осаджень не відбувається.
- Витримка в природному стані і замочування із умовно миттєвим навантаженням призводить до виникнення осаджень від 4 % потужності шару при замочуванні холодною водою, 7,6 % - гарячою водою і до 9 % з нафтопродуктом, які стабілізуються в перші 1,5 год;
- Повторне замочування ініціює осадження, яке стабілізується тільки у випадку з нафтовим продуктом, а інші залишаються прогресуючими.



У якості розрахунково-теоретичної моделі для таких ґрунтів була прийнята модель ідеально сипкого середовища.

Дослідження напружено-деформативного стану секційної обробки виконані за допомогою нормативної розрахункової програми «СКАД». Аналіз розподілу напружень і деформацій дозволив виявити найбільш небезпечні ділянки в конструкції обробки, де найбільш вірогідна поява тріщин з втратою несучої здатності конструкції. Далі було виконано математичне моделювання поведінки масиву в процесі спорудження тунелю мілкого закладання за допомогою прикладного пакету «PLAXIS». Було послідовно промодельоване: встановлення шпунтового огороження, пониження рівня ґрунтових вод, виймання ґрунтів, встановлення розстрілів, монтування секційної обробки, зворотня засипка, відновлення рівня підземних вод та ліквідація шпунтового огороження.

За результатами математичного моделювання отримані осадження конструкції тунелю в водонасичених пісках та з влаштуванням «стіни в ґрунті», використавши її як огороження котловану в процесі будівництва та як посилення основи тунелю незалежно від рівня ґрунтових вод. Визначено, що при влаштуванні «стіни в ґрунті» доцільно її занурення на два метри нижче підошви тунелю, а також защемлення в глину.

Загалом дослідження статичної стійкості системи «секційна обробка – ґрунтовий масив» дозволили визначити головні напрямки розвитку деформаційного процесу осадження конструкції.

Надалі були проведені дослідження впливу динамічної складової навантаження на конструкцію від руху метро потягів.

Безпосередні заміри коливань, що виникають від рухомого складу метропотягів, виконані на ділянці ст. Оболонь – ст. Мінська при спорудженні котловану торгового центру «Дрімтаун» за допомогою апаратури реєстрації сейсмічних коливань.

Встановлено, що тривалість коливань верхнього колійного устрою, основи (нижнього колійного устрою) та оправи тунелів після проходу потягу складає 8 ... 12 секунд. При максимальній парності руху (40...42 пари поїздів) під впливом динамічних навантажень оправа знаходиться на протязі 20% робочого часу метрополітену.

Спектральний склад коливань підземних конструкцій метрополітену досить широкий, але спостерігаються певні рівні коливань у діапазоні від 5 до 100 Гц. При цьому головна частина кінетичної енергії коливань оправи зосереджена в межах частот 35 ... 60 Гц. Наведені дані стосуються вертикальних коливань.

Окремо були виконані виміри щодо коливань внутрішніх тунельних устроїв, оправи та оточуючого ґрунтового середовища у горизонтальному напрямку. Переважна частота горизонтальних коливань склала 40 Гц, а найбільша амплітуда - 2 мкм.

За даними відомих досліджень джерело механічних коливань - це переважно динамічна взаємодія рухомого складу, верхнього та нижнього колійного устроїв, у той же час вплив роботи двигуна, компресора, гальмової системи вагонів є на порядок меншим.

В цих дослідженнях з'ясувалась різна роль надресорної та підресорної частин вагонів метрополітену на формування частот механічних коливань конструкцій. Джерелом вертикальних коливань із частотами 35 ... 50 Гц є підресорна частина вагона (колісні пари, букси, підшипники і т.п.). У першу чергу це пов'язано з випадковими нерівностями колії, вибоїнами на бандажах та ребордах коліс, наявністю стиків ходових рейок. Горизонтальні коливання з частотою 50 ... 60 Гц викликані надресорними частинами вагонів. Частоти у 8 ... 12 Гц властиві коливанням ходових тележок вагонів.

Вихідними характеристиками вібраційного впливу рухомого складу поїздів метрополітену на конструкцію суцільносекційної оправи, на наш погляд, слід вважати частоту та амплітуду A_0 поперечних коливань підресорних частин вагонів, їхню масу m_0 . Оправа перегінного тунелю сприймає вібраційне навантаження і передає його на ґрунтову основу. Тобто, джерело поперечних коливань (рухомий склад) знаходиться усередині секції тунелю, і вібраційне навантаження передається через рейки, шпали, колійний бетон та основу колії на секцію (рис. 2).

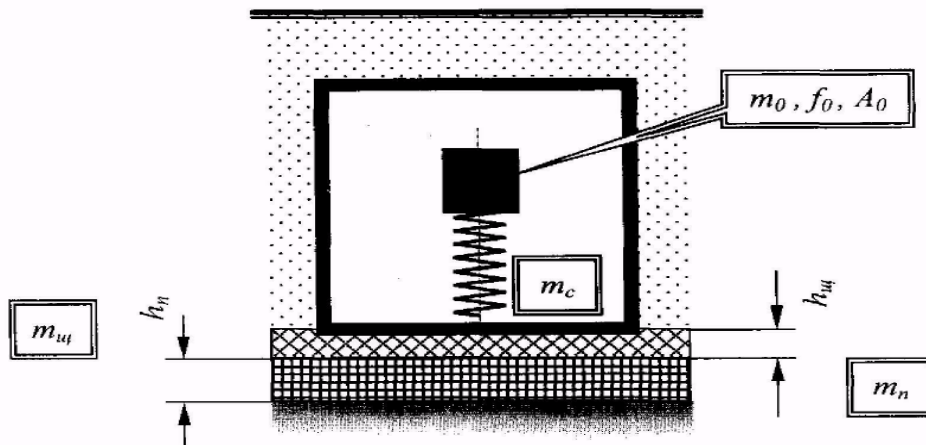


Рис. 2. Схема передачі коливань рухомого складу метрополітену на конструкцію оправи перегінного тунелю

Це дозволяє перейти до задачі про коливання замкнутої конструкції секції тунельної оправи на багатошаровій пружній (в'язко-пружній) основі. У цьому випадку за вихідні параметри для розрахунку приймаються погонна маса секції m параметри її коливань ω та A_c , а також значення погонні маси γ , модуля деформації E та коефіцієнти поперечної деформації ν кожного із шарів, включаючи відповідні параметри і для ґрунтової основи.

Для обґрунтованого призначення довжини розрахункової ділянки необхідно було з'ясувати, як розподіляється між окремими шпалами зусилля P_b , яке передається на них через ходові рейки. Ця мета досягається шляхом постановки та вирішення задачі механіки, в якій ходова рейка розглядається як довга (практично безкінечна) балка на пружних опорах, завантажена двома силами $P_b/4 = 75$ кН, розташованими на відстані 2,1 м одна від одної. Жорсткість пружних опор-шпал визначається з урахуванням наявності під подошвою рейки прокладок-амортизаторів.

Результати числових досліджень показують, що тиск від ходового візка вагона практично розповсюджується на вісім шпал у кожний бік від осі цього візка, тобто загалом ділянка передачі навантаження на лоткову частину охоплює 16 шпал і має довжину 8 м.

Рівняння руху точок або мас системи з m ступенями вільності, пов'язаного з її власними коливаннями, у довільну миттєвість часу i має вигляд [4,5]:

$$y(t) = \sum_{i=1}^m A_i \cos \omega_i t + \sum_{i=1}^m B_i \sin \omega_i t,$$

де A_i , B_i - постійні, які залежать від початкових умов руху - відхилення y_0 мас системи від урівноваженого статичного рівня, швидкості руху v_0 у мить часу $i = 0$, а також від m значень кругової (циклічної) частоти власних коливань ω . Наприклад, для системи з одним ступенем вільності при $m = 1$ спрощується вираз до

$$y(t) = y_0 \cos \omega t + \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t.$$

Виведення розрахункової ділянки системи "суцільносекційна оправа - оточуюче ґрунтове середовище" з положення статичної рівноваги і початок розвитку власних коливань пов'язується з наїздом на розрахункову ділянку ходового візка вагона метрополітену. Саме під впливом

навантаження P_k секції оправи у межах цієї ділянки отримують вищезгадану вертикальну лінійну деформацію (просідання) y_0 , а швидкість цього просідання дорівнює:

Статичне переміщення u_0 обчислюється звичайними методами будівельної механіки в залежності від схеми і геометрії системи та параметрів жорсткості її елементів, а початкову швидкість деформації y_0 (м/с) можна визначити через саму деформацію y , швидкість руху поїзда $V_{п}$ (км/год) і час його проходження через розрахункову ділянку $T_{пр}$ (с). Безпосередньо на оправу діє сила її власної ваги, вага нижнього та верхнього колійних устроїв, вага завантаженого за нормами рухомого складу. При цьому оправа і все, що до неї прикладається на порівняно невелику товщину, може вважатись невагомим, але пружним із модулем деформації $E_{щ}$. Цей модуль визначається з урахуванням ступеню ущільнення та гранулометричного складу щобеневого шару.

Грунтова основа під тунелем у залежності від типу ґрунту може розглядатись як невагома і пружна у рамках гіпотез загальних або місцевих деформацій. Для ґрунтів з незначною розподільною спроможністю (глини, суглинки, супіски та піски) доцільно застосовувати гіпотези місцевих деформацій, зокрема гіпотезу Вінклера, і вводити у розрахунки модуль пружного стиску основи E . Що стосується засипки у боках тунелю, то під впливом її бокового тиску при вертикальному переміщенні системи виникають сили тертя, які прикладаються відповідно до секцій оправи та засипки, що розташована над тунелем. За результатами розрахунків визначено коефіцієнт приведення динамічних навантажень до статичного тиску, який склав 2,34...2,97, причому збільшення потужності засипки до 2 м зменшує вплив динаміки на 25 %.

У подальших дослідженнях будуть визначені показники власних коливань системи і можливість виникнення резонансу.

УДК 624.154.1

Гембарська М.О., асп., Зуєвська Н.В., д.т.н., проф. НТУУ «КПІ»

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЗАБИВНИХ ПАЛЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РІЗНИХ МОДЕЛЕЙ ГРУНТОВОГО СЕРЕДОВИЩА

В статье описан пример моделирования работы забивной сваи большого диаметра на основе имеющихся данных статических испытаний. Рассмотрены разные варианты описания грунтовой среды и приведено целесообразность их использования для различных грунтовых условий.

This paper describes an example of a driven simulation of large diameter piles according to the data's of available static tests. Considered various options description given to soil environment and their appropriateness for use for different soil conditions.

Починаючи з другої половини ХХ-го століття значно зросло застосування палевих фундаментів у промисловому та цивільному будівництві. Для того, щоб їх використання було якісним, надійним та економічно вигідним розроблена значна кількість як рекомендаційних, так і нормативних документів.

Основним джерелом інформації про роботу палей у ґрунті у відповідності до чинних Українських та закордонних, в тому числі Європейських, норм є дані їх натурних випробувань [1, 2]. Однак проведення таких робіт є досить вартісним, в зв'язку з чим активно досліджується можливість використання спеціальних комп'ютерних програм для прогнозування роботи палей в ґрунтовому середовищі «в допомогу» до даних статичних випробувань [3, 4]. Окрім цього застосування програмних комплексів дає змогу змодельовати роботу не лише одиночної палі, а й їх групи з виділенням взаємного впливу.

Найявні програми базуються на методі розрахунку скінченних елементів, і основним завданням при комп'ютерному прогнозуванні є створення розрахункової моделі. Метою

даної статті є вибір найбільш доцільних моделей ґрунту при моделюванні роботи конкретно визначеної палі.

В якості об'єкту розрахунку вибрано забивну сталеву палю великого діаметру, що влаштована в таких ґрунтових умовах: насипний ґрунт (потужність 2 м), алеврит (потужність 6 м), пісок крупнозернистий (потужність 2 м), пісок дрібний (потужність 7 м), пісок середньо і крупнозернистий (потужність 16 м), підстилаючий ґрунт - мергельна глина. Геометричні розміри досліджуваної палі становлять: довжина – 25 м, діаметр – 1 м, товщина сталеві стінки – 16 мм.

В червні 2010 р. дві аналогічні палі були піддані статичним випробуванням. Одна з них випробовувалась відповідно до вимог EN-ISO2247-1, інша – до ГОСТ 5686-94. За даними цих випробувань побудовано графіки, з яких видно, що значення залежностей навантаження-осідання для двох палей є фактично однаковими (рис. 1), це свідчить про однорідність ґрунтових умов.

В якості основи для моделювання було вибрано дані, отримані при випробуванні за EN-ISO2247-1, зі ступенями статичного навантаження відповідно в 1173 кН, 3618 кН, 4742 кН, 5812 кН, 6568 кН та 7600 кН.

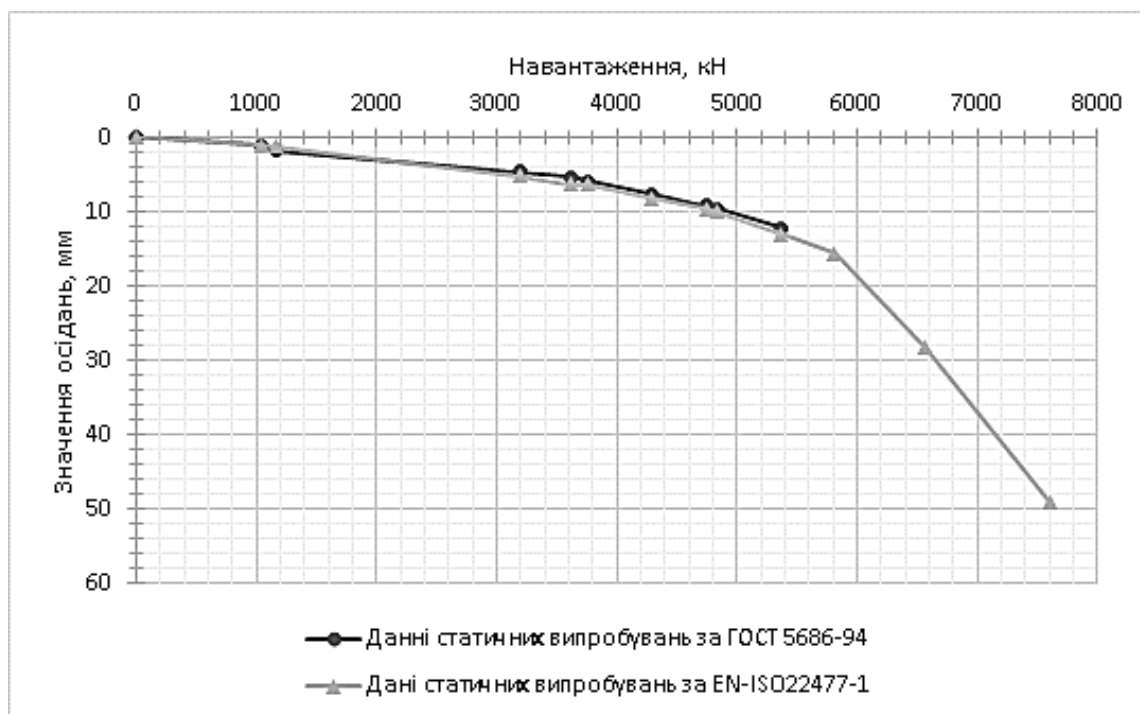


Рис. 1. Порівняння даних статичних випробувань палей за ГОСТ 5686-94 та EN-ISO2247-1

Моделювання проводилось за допомогою програми Plaxis 3D Foundation. В цій програмі представлено декілька моделей ґрунтового середовища: лінійно-пружня, Кулона-Мора та модель ґрунту, що зміцнюється. Лінійно-пружня модель базується на законі Гука і для опису поведінки ґрунтового середовища фактично не використовується. Відомою є модель Кулона-Мора, однак вона має два основних суттєвих недоліки: не враховує нелінійну залежність між напруженнями і деформаціями при стиску в компресійних умовах, внаслідок чого необхідно вводити обмежене значення товщі, що стискається, інакше величини осідань стають занадто завищеними; окрім цього в даній

моделі вважається, що значення модулів деформації на стадіях навантаження і розвантаження є однаковими. Ще однією моделлю є шатрова модель, або модель ґрунту, що зміцнюється, яка дозволяє враховувати ефект зміцнення як при стисненні так і при зсуві; а також враховувати залежність жорсткісних характеристик від напруження. Ця модель використовується для нормально ущільнених та переущільнених ґрунтів.

Область розрахунку визначеної задачі складає собою масив з розмірами 20x20x40 м (аxbxh). Паля задається як оболонка товщиною 16 мм з відповідними характеристиками матеріалу та з заданими геометричними розмірами. Проводилось декілька розрахунків, а саме: залишаючи незмінними геометричні розміри елементів і величини прикладеного навантаження змінювали моделі, що описували ґрунтове середовище. Так при використанні моделі Кулона-Мора для всіх типів ґрунтів, отримали значно завищені значення осідань порівняно з реальними (рис. 2). При застосуванні шатрової моделі, ми отримуємо занижені значення, що можна пояснити тим, що деякі з видів ґрунтів є дещо недоущільненими. Виходячи з цього запропоновано змоделювати поведінку крупнозернистих, середньозернистих та насипних пісків за допомогою моделі Кулона-Мора, а шарів алевритів, глин та дрібних пісків моделлю ґрунту, що зміцнюється. Дані розрахунків показано на графіку (рис. 2).

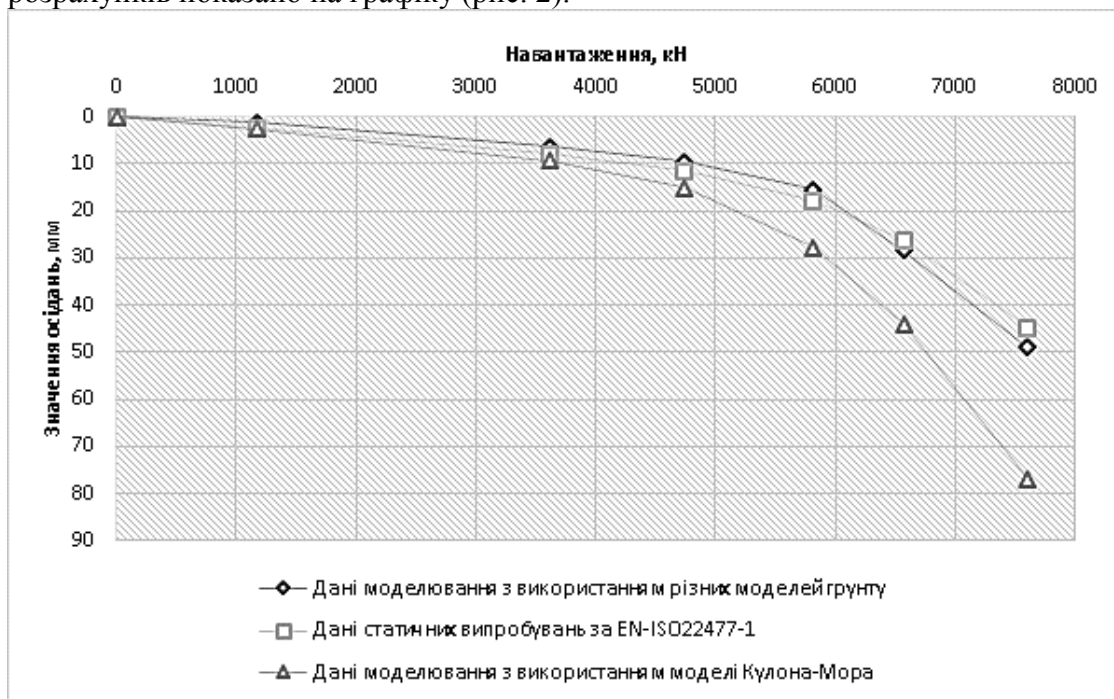


Рис. 2. Порівняння значень залежностей осідань-навантажень за даними статичних навантажень та результатами моделювання

З розрахунків видно, що застосування різних ґрунтових моделей для опису роботи різних шарів ґрунту є найбільш вірним і в результаті дає значення, що добре корегуються з натурними. Так коефіцієнт кореляції для даного випадку складає $K=0,81$.

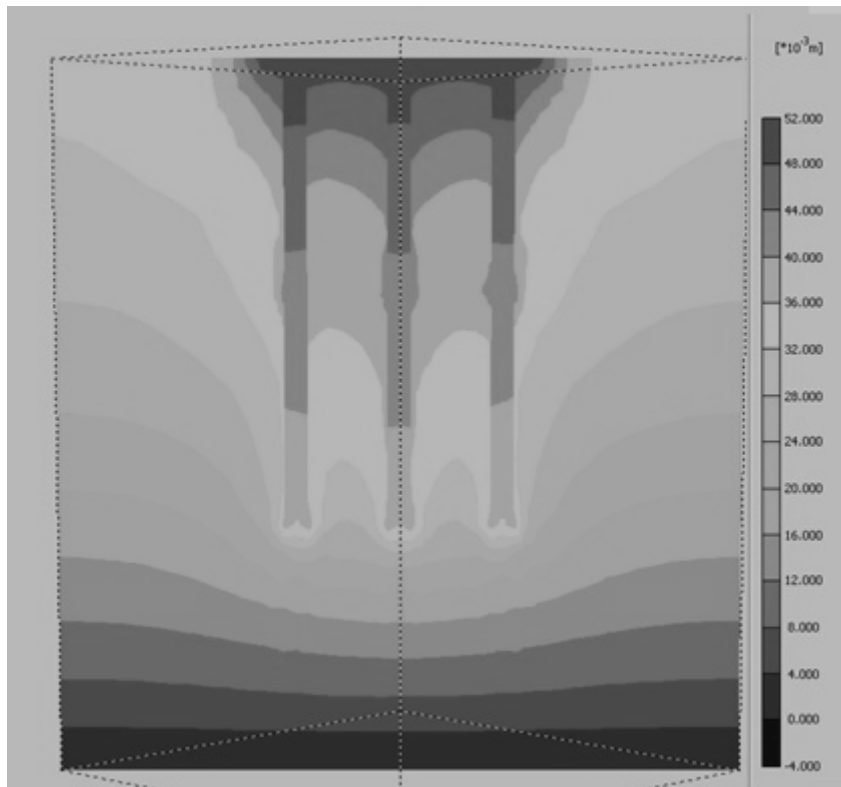


Рис.3 – Сумісна робота групи паль, об'єднаних жорстким ростверком

Таким чином, маючи коректно побудовану модель, що найбільш вірно описує характер роботи конкретного ґрунтового середовища можна спрогнозувати роботу не лише одиначної палі, а й їх групи. Так на рис. 3 показано як працюватиме група забивних паль, що знаходяться на відстані в 4 м одна від одної, об'єднаних жорстким ростверком. Розрахунок показав, що переміщення паль при максимальному навантаженні на них в 7600 кН, складає 52 мм, що є більшим ніж переміщення одиначної палі при тому ж навантаженні (45 мм). Однак різниця переміщень складає всього 13%, це можна пояснити тим, що в роботу по передачі навантаження на ґрунтову основу включається також жорсткий ростверк, що певним чином вирівнює і перерозподіляє навантаження по своїй площі, передаючи її також і на ґрунт в міжпалевому просторі, а не лише бічною поверхнею паль.

Застосування програмних комплексів дає змогу варіювати різними розрахунковими параметрами, такими наприклад як: відстань між палями, їх кількість, розміри, жорсткість ростверку, що їх об'єднує і т.д.; і обирати при цьому найбільш доцільне, ефективне і економічно вигідне рішення.

Висновки:

- Базуючись на даних статичних випробувань паль на будівельному майданчику доцільно також додатково використовувати комп'ютерне моделювання, що допоможе зменшити необхідну кількість натурних випробувань;
- Основною задачею при комп'ютерних розрахунках є створення коректної розрахункової моделі, для цього для різних ґрунтових середовищ слід використовувати різні моделі, що описують поведінку ґрунта. Так піски середньої крупності і крупнозернисті можна моделювати за допомогою моделі Кулона-Мора, інші види ґрунтів більш коректно описує модель ґрунту, що ущільнюється.
- Маючи коректно побудовану модель можна спрогнозувати роботу паль в групі і оцінити їх взаємний вплив та перерозподіл навантаження на основу.

Бібліографічний список

1. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд Зміна №1 – Київ, 2011.
2. EN 1997-1 Єврокод 7. «Геотехническое проектирование».
3. Emiliós M. Comodromos, Christos T. Anagnostopoulos, Michael K. Georgiadis Numerical assessment of axial pile group response based on load test - Computers and Geotechnics, Volume 30, Issue 6, September 2003 - Pages 505–515.
4. Shu-cai Li Influence of reaction piles on test pile response in a static load test - Journal of Zhejiang University, Volume 14, Issue 3, September 2013 - Pages 198–205.

УДК

Марчук А.Л., студ., науковий керівник, Шевчук Н.А., к.т.н., доц. НТУУ «КПІ»

ГЕОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ РОЗРОБКИ РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Исследованы показатели геолого-экономической оценки и экономической целесообразности разработки открытых месторождений полезных ископаемых.

The performance of geological and economic evaluation and economic feasibility of developing open mining.

Вступ. В умовах нестабільного економічного стану в Україні, дуже важливо зважати на реальність проектів майбутньої промислової розробки родовищ корисних копалин. Інвестування у об'єкти, що пов'язані з експлуатацією надр є досить складним і тривалим процесом.

Діюча система показників ефективності виробництва неповною мірою задовольняє потреби природоохоронної діяльності, оскільки практично не містить показників, що відображають ступінь використання природних ресурсів, економічні наслідки їх втрат та ефект від кращого їх використання. Разом з тим розроблені у наш час наукові підходи економічної оцінки природних ресурсів дозволяють під час вибору виробничих рішень брати до уваги природозберігаючі аспекти виробництва.

Аналіз публікацій. Проблеми визначення еколого-економічної доцільності подальшого розроблення родовищ корисних копалин висвітлені у наукових працях таких українських вчених, як І. Андрієвський, С. Дорогунцов, П. Коренюк, М. Коржнев, В. Міщенко, В. Паламарчук та ін.

Мета роботи полягає в розробленні теоретичних і методичних основ для обґрунтування економічної доцільності подальшого розроблення родовищ корисних копалин на підприємствах гірничої промисловості України.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- оцінити методи геолого-економічної оцінки відкритих родовищ корисних копалин;
- дослідити показники комплексного оцінювання впливу розроблення кар'єру.

Матеріали і результати дослідження.

Проблема оцінки природних ресурсів стоїть перед вченими та практиками вже не один десяток років. Цілком зрозуміло, що якщо природні ресурси задіяні в господарському механізмі, то вони повинні бути оцінені, як і інший любий товар [2].

Виділяються детальна, попередня і початкова геолого-економічні оцінки.

Детальна геолого-економічна оцінка (ГЕО-1) - визначення рівня економічної ефективності виробничої діяльності гірничодобувного підприємства, що створюється або реконструюється, і доцільності інвестування робіт з його проектування та будівництва. ГЕО-1 здійснюється на основі розвіданих запасів корисних копалин і включає техніко-

економічне обґрунтування (ГЕО) постійних кондицій для їх підрахунку. Детальність техніко-економічних розрахунків і надійність фінансових показників ГЕО-1 повинні бути достатніми для прийняття інвестиційного рішення без додаткових досліджень.

Попередня геолого-економічна оцінка (ГЕО-2) - обґрунтування доцільності промислового освоєння родовища (покладу) корисних копалин та інвестування геологорозвідувальних робіт з його розвідки і підготовки до експлуатації. ГЕО-2 здійснюється на основі попередньо розвіданих і розвіданих запасів корисних копалин, оформляється як техніко-економічна доповідь (ТЕД) про доцільність подальшої розвідки, в тому числі дослідно-промислової розробки родовища (покладу). При цьому оцінка ефективності розробки родовища проводиться на рівні кінцевої товарної продукції гірничого виробництва; техніко-економічні показники визначаються розрахунками або приймаються за аналогією.

Початкова геолого-економічна оцінка (ГЕО-3) - обґрунтування доцільності інвестування пошуково-розвідувальних робіт на ділянках, перспективних щодо відкриття родовищ корисних копалин. ГЕО-3 здійснюється на основі попередньо розвіданих запасів та кількісної оцінки ресурсів корисних копалин і надається у формі техніко-економічних міркувань (ТЕМ) про можливе їх промислове значення. Оцінка можливості промислового освоєння передбачуваних родовищ корисних копалин обґрунтовується укрупненими техніко-економічними розрахунками на основі доведеної аналогії з відомими промисловими родовищами або технічного завдання замовника геологорозвідувальних робіт [4].

З точки зору народногосподарського значення родовищ корисних копалин може бути оцінене системою оціночних показників різних категорій – натуральних, технологічних, вартісних. До натуральних належать дані про запаси та їх якісні характеристики. Технологічні характеризують спосіб і системи відпрацювання родовища, втрати під час видобутку, масштаб виробництва, вилучення корисних компонентів у товарну продукцію. Вартісні показники характеризують капіталовкладення в освоєння родовища та експлуатаційні витрати.

Вартісна оцінка родовищ корисних копалин полягає у визначенні фінансових наслідків його експлуатації, які віддзеркалюються системою показників, що характеризують співвідношення витрат і результатів з урахуванням часу (процедура дисконтування). До системи показників належать:

- 1) чиста поточна вартість – ЧПВ (саме цей показник ми будемо розглядати);
- 2) показник рентабельності інвестицій – ПРІ;
- 3) внутрішня норма прибутку – ВНП;
- 4) період окупності витрат – ПОВ [3].

Чиста поточна вартість є основним показником вартісної оцінки родовища.

Якщо показник ЧПВ виявляється від'ємним, то експлуатація родовища за даних макроекономічних умов і даних параметрів підрахунку запасів недоцільна. На наступному етапі доцільно перейти до підрахунку запасів з іншими варіантами кондицій і проаналізувати можливості зниження експлуатаційних і капітальних витрат, а також ймовірність отримання податкових пільг при експлуатації родовища. Стосовно тих родовищ, що вже розвідані і не експлуатуються, наступний варіант розрахунку доцільно виконати без врахування вартості геологорозвідувальних робіт – з метою збільшення імовірності прийняття позитивного рішення про інвестиції.

Оцінка виконується в цінах, які склалися в економіці держави на час виконання оцінки і приймаються незмінними на протязі всього розрахункового періоду при відсутності достовірної інформації щодо прогнозування їх змін. Оцінка виконується без врахування інфляції, якщо така необхідність не обґрунтовується замовником оцінки окремо (як правило така необхідність виникає, коли річний темп інфляції перевищує 30%) [1].

При визначенні економічної доцільності розробки родовищ корисних копалин, необхідно враховувати те, що виникають певні проблеми при її визначенні.

Щодо економічних і гірничотехнологічних проблем урахування чинника часу у завданнях господарювання мінеральною сировиною, то можна констатувати факт, що сьогодні сформувалися дві протилежні концепції у цьому питанні. Перша концепція виходить з необхідності урахування чинника часу і розрахунку показників оцінки запасів за максимумом дисконтованої сумарної гірничої ренти. Прибічники другої концепції вважають, що урахування чинника часу при вирішенні завдань господарювання мінеральними запасами не потрібний. Мотивується це звичайно тим, що запаси з віддаленими термінами залучення отримують при дисконтуванні оцінку, близьку до нуля.

Терміни служби об'єктів економічної оцінки родовищ специфічно великі. Тому проведення оцінки запасів вимагає тривалих прогнозів, і увесь розрахунок стає малонадійним. Важко скористатися тут і прийомом, як правило, застосованим для інших об'єктів з тривалими термінами служби, а саме прийняттям незмінного рівня витрат за всіма роками періоду експлуатації об'єкта.

Такий прийом об'єктивно непридатний з трьох причин. По-перше, витрати підприємства збільшуються у міру поглиблення гірничих робіт. По-друге, гірничим підприємствам кожні 15-20 років доводиться реконструювати всю технологію, що сильно і непередбачувано змінює економічні показники підприємства. Нарешті, по-третє, упродовж тривалого періоду змінюються загальні рівні потреб у корисній копалині і можливості їх задоволення, а отже, і розмір витрат, прогнозувати який на 50- 70 років наперед також було б практично неможливо [2].

Висновки. Виникає об'єктивна необхідність урахування витрат та ефекту не тільки на цей момент, але й на віддалене майбутнє, оскільки експлуатація будь-якого родовища має тривати десятиліттями. Розробка родовищ корисних копалин є дуже затратною, а особливо технічне забезпечення, затрати на підготовку до видобутку корисних копалин, і витрати на подальшу експлуатацію. Тому необхідно враховувати всі економічні показники оцінки родовищ корисних копалин.

Бібліографічний список

1. Андрієвський І. Д. Реформування економічного механізму користування надрами: регулятора економічної, екологічної та соціальної безпеки країни : монографія / І. Д. Андрієвський, М. М. Коржнев, П. І. Пономаренко. – К. : Київський університет, 2005. – 195 с.
2. Колосов А. В. Эколого-экономические принципы развития горного производства / А. В. Колосов. – М. : Недра, 1987. – 261 с.
3. Мельник Л. Г. Экономика и информация: экономика информации и информация в экономике : энциклопедический словарь / Л. Г. Мельник. – Сумы : Университетская книга, 2005. – 384 с.
4. Шумилин Н.В. «Геолого-экономические основы горного бизнеса», М., ВИМС, 1998, 168 с.

ЕКОНОМІЧНО-ДОЦІЛЬНІ ВАРІАНТИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ПОБУТОВИХ КОЛЕКТОРНИХ МЕРЕЖ

Розглянуті економічно-доцільні варіанти вирішення проблеми побутових колекторних мереж.

Рассмотрены экономически целесообразные варианты решения проблемы бытовых коллекторных сетей.

Considered economically feasible solutions to the problem of domestic collector networks.

У зв'язку з активною забудовою Києва у місті виникає проблема побутових колекторних мереж. В результаті цього виникає питання: «Більш економічно доцільно будувати нові колекторні мережі чи реконструювати (розширювати) старі?».

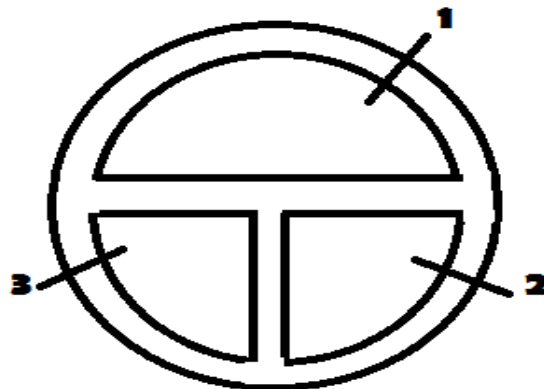
Київській колекторній мережі вже багато років. Під час її проектування не передбачалося приєднання до неї нових ліній. Так як більшість проектів сучасних новобудов передбачає проведення нової каналізаційної лінії і приєднання її до вже існуючої колекторної мережі, відбувається її перевантаження, оскільки пропускна здатність мережі залишається колишньою. Також враховуючи, що на теперішній час на Україні, зокрема у Києві, значна частина колекторів знаходиться у аварійному стані. Таким чином, виникає нагальна потреба реконструювати вже існуючі або споруджувати нові колекторні мережі.

Як відомо, підземне будівництво – відносно дорогий процес, тому, зазвичай, намагаються підібрати якісний і найбільш економічно-доцільний проект. На вартість будівельних робіт впливає багато факторів, проте, найбільш вагомим можна вважати геологічні умови місця майбутньої споруди, від них на пряму залежить термін будівництва і вибір обладнання і технології, що безпосередньо впливає на загальну вартість будівництва.

Для вирішення проблеми виділимо 2 варіанти:

1. Будівництво нових колекторних мереж.

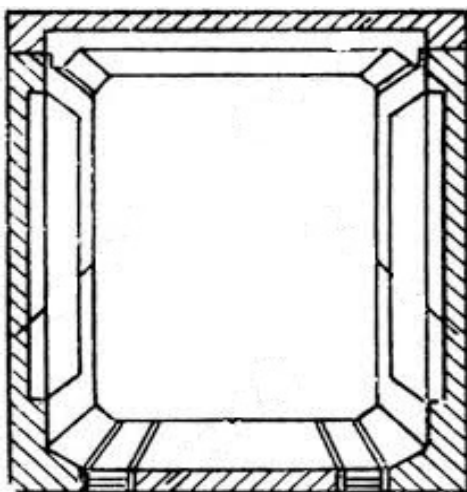
За кордоном вже набули популярності суміщені колектори (мал.1).



Мал.1. Схема суміщеного колектора.
1-відділ кабельної мережі; 2-відділ каналізаційної мережі; 3-відділ водопровідної мережі.

Вони дозволяють раціонально використовувати підземний простір і значно спрощують обслуговування колектора, що значно поліпшує експлуатацію мережі. Вибір такої схеми дозволяє об'єднати декілька мереж в одну. Наприклад, колектор може поєднати водо- і теплопровід, кабельну мережу, зливовідлив і каналізаційну мережу. Для того, щоб поєднати декілька мереж – необхідно достатньо простору, відповідно колекторна мережа у розрізі буде мати значні розміри. Вартість будівництва такої мережі досить велика, проте, схему можна вважати економічно-доцільною. Враховуючи геологічні умови Києва, в залежності від району проведення мережі вартість будівництва може зростати.

На Україні більш розповсюджена проста схема колекторних мереж (мал. 2). Будівництво нових мереж за цією схемою може також слугувати вирішенням проблеми. У порівнянні з суміщеною схемою - технологія робіт простіша, а отже і вартість будівництва менша. В залежності від глибини і способу проведення колектора – вартість будівництва може змінюватися. Схема економічно-доцільна для геологічних умов Києва.



Мал.2 Проста схема колекторної мережі.

2. Реконструкція колекторних мереж.

Реконструкція передбачає розширення попередніх розмірів перерізу колекторної мережі до конструктивно-необхідних, щоб забезпечити нормальну пропускну здатність. Відрізняється складністю технології проведення колектора. Складність полягає у демонтажу старого кріплення і встановленні нового. Цей процес трудомісткий, відповідно вартість реконструкції відносно висока. Проте, за певних умов, цей варіант економічно-доцільний.

Слід враховувати, що побутова колекторна мережа відіграє суттєву роль у нашому повсякденному житті, це довговічна споруда, яка щодня пропускає через себе безліч хімічних речовин, тому її конструкція має бути хімічно-стійкою зсередини і міцною ззовні. На етапі проектування слід враховувати всі фактори, які можуть впливати на колекторну мережу, прораховувати декілька варіантів її проведення і обирати найбільш економічно-доцільний.

Список використаної літератури

1. СНиП 2.04.03-85 — Канализация. Наружные сети и сооружения;
2. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84*.

МЕХАНИЗМ НАБУХАНИЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Выполнены серийные испытания образцов из набухающих монтмориллонитовых и бентонитовых глин при увлажнении водой с температурой $18^{\circ}\text{C} \div 20^{\circ}\text{C}$ и $T=40^{\circ}\text{C} \div 80^{\circ}\text{C}$ и более. Проанализированы и обработаны результаты исследований по теории старения.

Performed serial testing of samples from the swelling of montmorillonite and bentonite clay when wetted with water at $18^{\circ}\text{C} \div 20^{\circ}\text{C}$ and $T = 40^{\circ}\text{C} \div 80^{\circ}\text{C}$ or more. Analyzed and processed the results of research on the theory of aging.

Деформации набухания в глинистых грунтах, связаны с физико-механическими и химико-реологическими процессами, происходящими как внутри порового пространства, так и в кристаллическом строении минеральных частиц, которые относятся к реологическим неравновесным процессам. Деформации набухания относятся к нестационарным процессам и развиваются во времени. Поэтому они характеризуются реологическим явлением и зависят от свойства и температуры влаги, которая взаимодействует с минералогическими частицами набухающих глин. Величина и скорость деформации набухания зависит от различных факторов. Твердые частицы набухающих глин заряжены отрицательно, а молекулы воды во время увлажнения представляют собой диполи и заряжены положительным зарядом. При соприкосновении твердой минеральной частицы с водой возникают электромолекулярные силы взаимодействия, которое притягивают диполи воды к поверхности минеральных частиц с огромной силой. При этом, чем больше удельная поверхность частиц (чем меньше крупность минеральных частиц), тем больше количество молекул воды будет находиться в связанном состоянии. Деформации набухания и усадки глинистых грунтов являются обратимыми процессами во времени, и характеризуются реологическими процессами и подчиняются наследственным проблемам ползучести и релаксации.

Набухающие монтмориллонитовые и бентонитовые глины имеют в основном следующие показатели:

предел текучести $W_L = 0,30 \div 0,75$; предел раскатывания $W_p = 0,13 \div 0,55$; число пластичности $I_p = W_L - W_p = 0,20 \div 0,42$; естественная (природная) влажность $W = 0,08 \div 0,12$; удельный вес частиц глины $\gamma_s = 26,8 \div 28,1 \text{ t} / \text{m}^3$; удельный вес частиц глины в природном состоянии $\gamma = 16,8 \div 20,1 \text{ t} / \text{m}^3$; удельный вес в сухом состоянии $\gamma_d = 13,5 \div 16,3 \text{ t} / \text{m}^3$; пористость $n = 35 \div 48,5\%$; гранулометрический состав (0,001мм) - 30÷44%.

В компрессионном приборе и в стабилометре проводились серийные испытания образцов из набухающих монтмориллонитовых и бентонитовых глин при увлажнении водой с температурой $18^{\circ}\text{C} \div 20^{\circ}\text{C}$ и $T=40^{\circ}\text{C} \div 80^{\circ}\text{C}$ и более. Изучалось изменение относительного набухания ε_{sw} при давлении от $0 \div 1,6$ МПа во времени 80 сут. При этом были изучены изменение величины относительного набухания ε_{sw} для каждого вида давлений от 0 до 1,6 МПа, при $T=40^{\circ}\text{C} \div 80^{\circ}\text{C}$ и более. В каждом случае замерялось поведение набухающих глин величины $\varepsilon_{sw}(P, t)$ во времени $0 \div 80$ сут, а потом были построены графики зависимости $\varepsilon_{sw}(P, t)$ во времени t_i P_i и были сопоставлены формы изменения в зависимости от температуры увлажняемой воды (см. рис. 4.1) $T=18^{\circ}\text{C} \div 20^{\circ}\text{C}$ и $T=40^{\circ}\text{C} \div 80^{\circ}\text{C}$ и более.

Замерялись $\varepsilon_{sw}(P, t)$ во времени $t = 80 \text{ \u044d}$. при различном увлажнении $W = 0 \div 0,2$ и $W_{sat} = 0,42$ и давлениях $P_i = 0 \div 1,6 \text{ \u0414}$.

1. Образцы из монтмориллонитовой глины при испытании имели следующие показатели: предел текучести $W_L = 0,36$; предел раскатывания $W_p = 0,15$; число пластичности $I_p = W_L - W_p = 0,36 - 0,15 = 0,21$; природная влажность $W = 0,09$; удельный вес частиц глины $\gamma_s = 27,1 \text{ \u0414} / \text{ \u0438}^3$; удельный вес частиц глины в природном состоянии $\gamma = 17,2 \text{ \u0414} / \text{ \u0438}^3$; удельный вес в сухом состоянии $\gamma_d = 13,8 \text{ \u0414} / \text{ \u0438}^3$; пористость $n = 38\%$; гранулометрический состав (0,001 мм) - 34%.
2. Образцы из бентонитовой глины при испытании имели следующие показатели: предел текучести $W_L = 0,44$; предел раскатывания $W_p = 0,17$; число пластичности $I_p = W_L - W_p = 0,44 - 0,17 = 0,27$; природная влажность $W = 0,11$; удельный вес частиц глины $\gamma_s = 26,8 \text{ \u0414} / \text{ \u0438}^3$; удельный вес частиц глины в природном состоянии $\gamma = 16,9 \text{ \u0414} / \text{ \u0438}^3$; удельный вес в сухом состоянии $\gamma_d = 13,4 \text{ \u0414} / \text{ \u0438}^3$; пористость $n = 43\%$; гранулометрический состав (0,001 мм) - 42%.

В этих исследованиях основными задачами являлось установление: закономерностей деформации набухания и усадки при различных температурах воды в процессе увлажнения и под действием различных внешних нагрузок во времени; зависимости между уплотняющим давлением и начальной влажностью в пределах изменения при увлажнении до полного водонасыщения W_{sat} ; зависимости между относительной набухаемостью ε_{sw} и садкой ε_{sh} от влажности при увлажнении водой $T = 18^\circ\text{C} \div 20^\circ\text{C}$ и $T = 40^\circ\text{C} \div 80^\circ\text{C}$ и более; зависимости между напряжениями и деформациями для определенных значений времени; зависимости относительного набухания ε_{sw} и усадки ε_{sh} от времени при различных значениях влажности при увлажнении водой $T = 18^\circ\text{C} \div 20^\circ\text{C}$ и $T = 40^\circ\text{C} \div 80^\circ\text{C}$ и более при различных величинах увлажнения и сопоставление этих данных.

По результатам полученных данных были построены семейства кривых набухания при постоянных значениях уплотняющих напряжений (кривые ползучести) при различной температуре воды $T = 18^\circ\text{C} \div 20^\circ\text{C}$, а также $T = 40^\circ\text{C} \div 80^\circ\text{C}$ и более во времени t . В компрессионном приборе испытывались образцы набухающих глин ненарушенной структуры площадью основания 40 см^2 . При испытании подавалось расчетное количество воды, которое сохранилось постоянным в течении всего опыта путем герметического покрытия приборов полиэтиленовой пленкой. Наблюдения за изменением деформации во время исследований велись в течении 80 сут. Испытывались образцы из монтмориллонитовой и бентонитовой глины с вышеуказанными показателями.

Образцы этих грунтов брались в основаниях будущих сооружений с глубины 3,5 м и 4,8 м. Образцы этих грунтов были подвергнуты минералогическому анализу и обычным физико-механическим анализам по существующим стандартным методикам. Минералогический анализ были произведен по методом отмучивания глин по методу Сабанина. При этом был изучен состав глинистой и пылевой фракций. Было установлено, что в минералогическом составе исследованных монтмориллонитовых глин находился 60÷65% монтмориллонит, 12÷15% каолинит, а в пылевой части кварц. В солевом составе, установленном химическим анализом водных вытяжек имеются анионы $SO_4^{''}$ (до 14,85 мг-экв. На 100 г абсолютно сухого грунта). Из катионов наиболее часто встречались Ca^{++} (до 13,68 мг-экв.), Mg^{++} (до 16,28 мг-экв.).

Данные, полученные экспериментальным путем можно обработать различными теоретическими методами наследственной ползучести.

Следует отметить, что деформацию набухания глины при увлажнении водой $T=18^{\circ}\text{C}\div 20^{\circ}\text{C}$ или $T=40^{\circ}\text{C}\div 80^{\circ}\text{C}$, развивающуюся во времени при постоянной влажности $W = const$ и давлений $P = const$ можно считать явлением ползучести. Поэтому напряженно-деформированное состояние глин, увлажняемых водой $T=18^{\circ}\text{C}\div 20^{\circ}\text{C}$ и $T=40^{\circ}\text{C}\div 80^{\circ}\text{C}$ и более будем анализировать с применением положений теории ползучести. Наиболее удобной для описания закономерностей деформирования набухающих глин при увлажнении водой $T=18^{\circ}\text{C}\div 20^{\circ}\text{C}$ и $T=40^{\circ}\text{C}\div 80^{\circ}\text{C}$ и более во времени будет теория старения предложенная Ю.Н. Работновым. Согласно теории старения между деформацией набухания, уплотняющим напряжением и временем при постоянной влажности водой $T=18^{\circ}\text{C}\div 20^{\circ}\text{C}$, а также $T=40^{\circ}\text{C}\div 80^{\circ}\text{C}$ и более существует зависимость следующего вида:

$$F(\varepsilon_{sw}, P, t) = 0 \quad (1)$$

Теория старения Ю.Н. Работнова рассматривает семейства диаграмм «напряжение-деформация» во времени. Если указанные кривые семейства диаграмм кажутся подобными, тогда в соответствии с этой теорией зависимость относительного набухания $\varepsilon_{sw}(P)$ от уплотняющих напряжений и времени можно представить в виде произведения двух функций, одна из которых $f(P)$ - функция только напряжения, а другая $\psi(t)$ - только во времени:

$$\varepsilon_{sw}(P, t) = f(P) + \psi(t) \quad (2)$$

Это явление получило название ползучести (при постоянном напряжении изменяется деформация во времени). В основном при постоянном напряжении с увеличением времени возрастает деформация. В случае, когда при постоянном деформации изменяется напряжения (уменьшается) – это явления называют релаксацией напряжений.

Функцию ползучести во времени $\psi(t)$ принимают такой, чтобы $\psi_0 = 1$; следовательно, функция $\varepsilon_{sw}(P, 0) = f(P)$ описывает изохронную кривую $P = f_1(\varepsilon_{sw})$ для мгновенной деформации.

Теорию старения характеризует напряженно-деформированное состояние в зависимости от времени. Поэтому рассмотрим изменение относительного набухания во времени при различных значениях уплотняющих давлений P_i , во времени t , как приведено на рис. 1.

Изменение относительной деформации набухания $\varepsilon_{sw}(P, t)$ при максимальном времени $t = 80 \text{ \u044d}$ в процессе увлажнения водой приведено в левой части рис. 4.1 (при $T=20^{\circ}\text{C}$ сплошной линией и черными точками, а при $T=60^{\circ}\text{C}$ и более – пунктирной и белыми точками) при различных уплотняющих давлениях $P_i = 0 \div 1,6 \text{ \u0418 \u0410}$, а в правой части приведено зависимость $\varepsilon_{sw}(P, t)$ при различных давлениях $P_i, \text{ \u0418 \u0410}$ в процессе увлажнения водой $T=20^{\circ}\text{C}$ (сплошные линии и различные обозначения экспериментов), и водой $T=60^{\circ}\text{C}$ (пунктирные линии и различные обозначения экспериментов) на ползучесть. Из рис. 4.1. видно, что при всех значениях уплотняющих давлений процесс протекает весьма интенсивно в течении первых $5 \div 8$ сут. (при увлажнении водой $T=20^{\circ}\text{C}$) и $3 \div 4$ сут. (при увлажнении $T=60^{\circ}\text{C}$). Начиная с $10 \div 15$ сут. процесс затухания набухания при увлажнении водой $T=20^{\circ}\text{C}$ носит затухающий характер и стабилизируется, а при увлажнении водой $T=60^{\circ}\text{C}$ процесс набухания начинается на $6 \div 8$ сут, и стабилизация протекает, примерно в $1,4 \div 1,8$ раза быстрее.

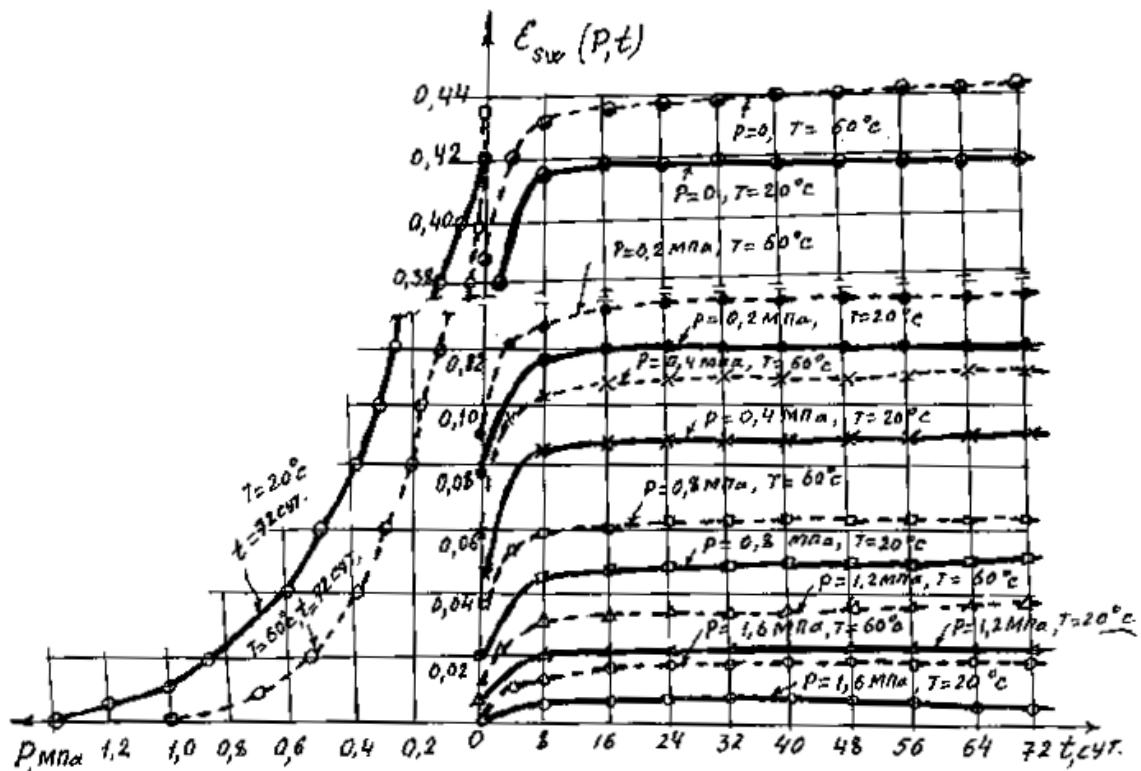


Рис. 1. Изменение относительного набухания ε_{sw} во времени t при различных значениях уплотняющих давлений P_i при увлажнении водой (сплошные линии при $T=20^\circ\text{C}$ и пунктирные линии при $T=60^\circ\text{C}$).

Библиографический список

1. Горькова И.М. Зависимость деформационных и геологических свойств глинистых пород от их свойств, состояния и характера, структурных связей / Горькова И.М. – М., Наука, 1970. – с. 167-172.
2. Горячева Д.С. К вопросу о набухании монтмориллонитовых глин с различной структурной темат / Горячева Д.С. – В сб.: "ВСЕГИНГЕО", 1968, вып.7. – с. 53-64.
3. Злочевская Р.И. Зависимость набухаемости глин от температуры. В кн.: Связанная вода, в дисперсных системах / Злочевская Р.И., Дивисилова. В.И. – М., 1977, вып.4, – с. 59-69, с. 210-214.
4. Злочевская Р.И. Физико-химические процессы при уплотнении водонасыщенных глин. В кн.: Связанная вода, в дисперсных системах / Злочевская Р.И., Алексеенко Г.П. – М., 1977, вып.4. – с. 16-33.
5. Коваленко Н.П. Исследование набухания глинистых грунтов при изменении температуры влажностного режима / Коваленко Н.П., Невзоров А.П. – Л.: Труды Совещ. проектир. и стр-во автом. дорог., 1979. –256 с.

Бойко А.Г., студ., науковий керівник Шевчук Н.А., доц. НТУУ „КПІ“

ЕКОНОМІЧНІСТЬ ПЕРЕТВОРЕННЯ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ У МІНЕРАЛИ

*Актуальность совершенствования утилизации радиоактивных отходов
Actuality of improving the disposal of radioactive waste*

Вступ. Першим джерелом зустрічі людства з радіоактивними відходами (ядерні матеріали та радіоактивні речовини, подальше використання яких не передбачається [5]) є використання атомної енергії - саме діючі АЕС виявилися причинами їх утворення, а точніше ці відходи являються продуктами ядерних реакцій, які відбуваються внаслідок роботи цих станцій. Загалом радіоактивні відходи негативно впливають на стан навколишнього природного середовища, зокрема і на людей, тому з'являється необхідність їх утилізації, тобто збирання та надійна ізоляція відходів з урахуванням особливостей радіонуклідів, а також відмінностей їх фізико-хімічних і біологічних властивостей.

Аналіз літературних джерел. Зараз на практиці відомо два методи ізоляції радіоактивних відходів - це зберігання та захоронення, на яких звернено увагу в працях [4-6,8]. Ці методи потребують немалих коштів, тому виникає потреба пошуку нових більш економічно, а також і екологічно вигідних способів утилізації цих виробничих відходів. Однією із розробкою на зміну цим засобам російські вчені винайшли та протестували нову методику, опис якої представлений у джерелах [7, 10]; вона дозволяє перетворювати радіоактивні речовини у хімічні сполуки, аналогічні природним, а саме у халцедон, інформація про котрого наведена у роботах [1-3, 9].

Мета статті. Висвітлення порівняно нового більш економічного методу утилізації радіоактивних відходів.

Матеріали та результати дослідження. Метод перетворення радіоактивних відходів у мінерали не тільки краще з екологічної точки зору, але й дозволяє зменшити витрати коштів на знешкодження шкідливих для навколишнього середовища речовин. Його економічність полягає у тому, що він дозволяє скоротити витрати на будівництво могильників і тимчасових складів.

Суть даного методу виявляється в тому, що небезпечні відходи поміщаються у гідротермальні системи, які є високотемпературними (до 350 градусів Цельсія). До таких систем відносяться місця локалізації або виходу гарячих підземних вод, де відбувається швидке перетворення одних речовин в інші. Одним вагомим плюсом їх по словам провідного наукового співробітника Інституту вулканології та сейсмології ДСВ РАН Володимира Белоусова є те, що "термальні води знаходяться у будь-якій точці земної кулі, щоправда, на різній глибині..."[7], але це не перестає бути вагомим показником економічності.

Цей метод складається з трьох стадій процесу утилізації:

- 1) сорбція, тобто поглинання радіоактивних хімічних елементів гелями природних колоїдних розчинів і глинистими мінералами з утворенням гідрогелю; у такий спосіб більшість відходів опиняються ув'язненими в "природному контейнері", який навіть надійніший за використовуваний у методі захоронення (свинцевий контейнер);
- 2) поступове осадження утворених гідрогелів на геохімічних бар'єрах - це зони різкого зменшення міграційної здатності хімічних елементів, у яких речовини затримуються, не занурюючись далі вглиб;
- 3) перетворення даної маси на мінерал – *халцедон* (поширений мінерал класу силікатів [9]), що у даному випадку являється нерозчинним колоїдним кварцом, який, включивши в себе небезпечні відходи, ніколи не віддасть їх назад по добрій волі, що також зменшує витрати на подальші проблеми, які виникають у двох освоєних на практиці методах утилізації радіоактивних речовин (зберігання та захоронення).

На даний час вчені точно не можуть зробити висновок, що буде далі після халцедону з радіоактивними відходами, але очевидно, що згодом вони обов'язково включаться в процеси утворення рудних покладів і вийде так, ніби ми повертаємо Землі те, що колись взяла у неї.

За експериментально підтвердженими розрахунками вчених на дві перші стадії даної методики утилізації радіоактивних відходів потрібно лише одна година, а ось третя

стадія розтягується на багато років, однак це не принципово, бо у такому стані відходи ізольовані та не становлять небезпеку.

Висновки. Так з упевненістю можна сказати, що радіоактивні елементи будуть надійно заховані на сотні тисяч, а можливо й на мільйони років. Ця система ізоляції дозволить утилізувати до 100 тонн урану в рік, і ще зможе забезпечити нейтралізацію накопичених об'ємів шкідливих відходів, тобто дана методика не тільки вигідна з економічної точки зору, а й з екологічної, що наштовхує даний метод на подальший розвиток.

Бібліографічний список

1. Куликов. Словарь камней самоцветов. 1982.
2. Лазаренко Э.А. По вулканическим Карпатам: Путеводитель, – Ужгород: Карпати, 1978. – 96с.
3. Мала гірнича енциклопедія. В 3-х т. / За ред. В.С. Білецького. – Донецьк: Донбас, 2004. – ISBN 966-7804-14-3.
4. Поводження з радіоактивними відходами / А.В. Носовский, З.М. Алексеева, Г.П. Борозенець та ін.; За ред. А.В. Носовського. – К.: Техніка, 2007. – С.84-135.
5. Федеральный закон Российской Федерации от 21 ноября 1995 г. N 170-ФЗ "Об использовании атомной энергии".
6. <http://eztuir.ztu.edu.ua/3745/1/230.pdf>.
7. <http://infonova.org.ua/science/radioaktyvni-vidkhody-peretvoryat-na-khaltsedon.html>.
8. <http://uatom.org/pages/57>.
9. <http://uk.wikipedia.org/wiki/Халцедон>.
- <http://www.pravda.ru/science/eureka/inventions/14-12-2010/1060726-radionuclidy-0/>.

УДК 624.1

Самедов А.М., д.т.н., проф., Половинкин Н.И., магистр, кафедра геостроительства и горных технологий НТУУ «КПИ»

ВЗАИМНЫЕ ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ ГЛИНЫ ПРИ ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

Розглянуто проблеми взаємного переходу глинистих порід при гідротермальних умовах. Проаналізовані джерела виникнення і розвитку гідротермальних умов основ підземних споруд, що складаються з глинистих ґрунтів, які впливають на деформації підстав підземних споруд.

Встановлено, що в гідротермальних умовах монтморилонітові глини можуть переходити, до каолініту, до слюдоподібної фази, до залізовмісного матеріалу і різко змінити властивості .

Ключові слова: фазові переходи глини, гідротермальні умови, теплові споруди, промислові печі, адсорбція води, монтморилонітові, каолінітові, бентонітові глини, слюдоподібні мінерали, луги, тиск пару, сольватні оболонки.

Рассмотрены проблемы взаимного перехода глинистых пород при гидротермальных условиях. Проанализированы источники возникновения и развития гидротермальных условий оснований подземных сооружений состоящих из глинистых грунтов, которые влияют на деформации оснований подземных сооружений.

Установлено, что в гидротермальных условиях монтморилонитовые глины могут переходить, к каолиниту, к слюдоподобной фазе, к железосодержащему материалу и резко изменить свойства.

Ключевые слова: фазовые переходы глины, гидротермальные условия, тепловые сооружения, промышленные печи, адсорбция воды, монтмориллонитовые, каолинитовые, бентонитовые глины, слюдopodobные минералы, щелочи, давление пара, сольватные оболочки.

The problems of mutual transition of clay rocks under hydrothermal conditions. Analyzed the sources of hydrothermal conditions and development grounds of underground structures consisting of clay soils that affect the deformation of the underground structures.

Found that under hydrothermal conditions montmorillonite clays may move to kaolinite, micaceous to phase to ferrous materials and properties abruptly change.

Keywords: phase transitions clay hydrothermal conditions, heat buildings, industrial furnaces, water adsorption, montmorillonite, kaolin, bentonite clay, micaceous minerals, alkali vapor pressure solvation shell.

Введение. Источниками возникновения и развития гидротермальных условий оснований подземных сооружений, особенно состоящих из глинистых грунтов могут быть разными. Движение теплового потока в теле фундамента под промышленными печами (1600-2000⁰С) и тепловых сооружений (1000-1400⁰С) и через фундаменты на грунтовом основании, аномальные явления, которые создают как источники тепловыделения, нагревающие грунтовую воду до высокой температуры, а зачастую и до кипения. Например, процесс превращения торфа в бурый уголь диагенезисом и дальнейший переход бурого угля в каменный и далее антрациты (метаморфизм угля) – сопровождается изменением их химического состава, физических и технологических свойств в земной коре с выделением повышенных температур.

Анализ литературных источников. Заслуживает внимания тот факт, что при гидротермальных условиях монтмориллонитовые глины сильно набухают и обладают большими набухающими силами (до 1500 кН/м²=1,5МПа и более), которые деформируют конструкции подземных сооружений любого объекта [4]. Также, доказано, что в результате адсорбции углем кислорода из воздуха происходит самовозгорание при температуре 320-360⁰С [5].

Цель и задачи. Уточнить изменения физико-механических свойств глинистых пород, которые часто могут оставаться под фундаментом подземных сооружений, на основании анализа гидротермальных условий.

Результаты исследований. Образование каменного угля из бурого угля сопровождается выделением температуры 230-300⁰С, а образование антрацитов происходит при выделении температуры 500-600⁰С.

Под влиянием тектонического давления магма, раздвигая или частично расплавляя и ассимилируя слои, внедряется в осадочные напластования, приходит в соприкосновение с угольными пластами и воздействует на них высокой температурой, достигающей 1050-1300⁰С и более, а также выделяемыми ею газами. Воздействие выражается в превращении угля в графит, естественный (природный) кокс, антрацит и более утолщенные угли по сравнению с окружающими, не подвергшемуся контактному воздействию [2].

При высокой температуре горения (более 800⁰С) грунтовая вода нагревается и превращается в сухой водяной пар и генерирует через толщ горных пород на большие расстояния (более 100 м) и нагревает подземные воды на своем пути и создает гидротермальные условия.

Само возгорание угольных пластов и образование газов в шахтах (метан) вызывает подземные пожары, скорость распространения по выработкам пожарных газов 4-6 м/сек, их температуры 500-700⁰С, которые нагревает грунтовые воды и создает гидротермальные условия [1].

Очень существенным инициатором возникновения гидротермальных условий является подземные взрывы угольной пыли, при сгорании температура достигает 2300-2500⁰С, которые выделяют огромное количество тепла, скорость распространения взрыва

на расстоянии 50 м от очага составляет 20-50 м/сек, а на расстоянии 150 м - 10-15 м/сек, давление взрыва на расстоянии 200 м от очага возрастает до 4-5 МПа. Хотя подземные пожары не длительны, но эти температуры нагревает горную породу до 500-600 °С, а затем выделяемые тепловые потоки от горной породы к окружающей среде нагревает грунтовую воду до кипения и создает гидротермальные условия [5, 7].

Гидротермальные условия в основном появляются вблизи вулканических районов. Следует отметить, что распространяемость основных глинистых минералов в земной коре составляет 60 % для гидрослюд, 25 % для монтмориллонитов, 10 % для каолинитов и 5 % для других видов глин. Глины даже одинакового химического состава часто обладают весьма различными свойствами [3].

В зависимости от гидротермальных условий окружающей среды в глинистых минералах возможны взаимные фазовые переходы, в процессе которых кислороды «кислородных мостиков» замещаются гидроксильными группами. Например, монтмориллонитовые глины переходят в каолинитовые, а затем в гиббсит.

Теплые и влажные условия ускоряют разрушение минералов, а условия промывания горячей водой способствуют вымыванию щелочей, щелочноземельных оснований, кремнезема и способствуют образованию каолинита.

Под давлением паров воды с добавками хлоридов К, Na, Ca, Mg (в течение 3 часов времени) при 250-500 °С каолинит разлагается, образуя разнообразные слоистые силикаты – слюды, монтмориллониты, смешанослойные образования; происходят трансформации двухслойной структуры в трехслойную без существенного разрушения тетраэдрических и октаэдрических сеток. В основе последовательного преобразования структур, с которыми связано дальнейшее формирование упорядоченных и неупорядоченных смешанно - слойных фаз, лежит превращение каолинита в монтмориллонит в гидротермальных условиях.

Без катионов это происходит при $T=300^{\circ}\text{C}$ и давлении паров воды 90 МПа. Повышение температуры больше $T>400^{\circ}\text{C}$ и ввод катионов, фиксирующих промежуточную структуру, смещает начало образования монтмориллонитовой фазы и способствует структурной перестройке каолинита. При гидротермальных условиях каолинит может превращаться в железосодержащие минералы – гетит $[\text{Al}(\text{OH})_3 \text{FeOOH}]$ при повышенных давлениях водяного пара и температуры [1, 4].

Монтмориллонитовые глины при гидротермальных условиях могут переходить в слюдоподобную фазу и в зависимости от насыщения минерала различными одно и двух валентными катионами.

При гидротермальных условиях каолиниты в присутствии кислоты борной $[\text{H}_3\text{BO}_3]$ и при температуре 200-500 °С монтмориллонитовая глина имеющая в составе активной молекулы Al, пирофиллита и других минералов, а также в присутствии бурого угля происходит переход к упорядоченной натриевой слюде или слюда - монтмориллонитовой смешанно-слойной фазе.

Гидротермальные условия монтмориллонитовой глины могут создать переход на мусковит, а при участии раствора хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов, таких как: Li, Na, K, Be, Mg, Ca, Sr, и Ba – обменные формы диоктаэдрического вермикулита.

Глины взаимодействуют с водой. Одним из них является связь увеличения количества адсорбированной в процессе гидратации воды на глине и соответственно большей теплоты адсорбции с наличием более легко гидратирующихся обменных катионов [6].

В зависимости от состава глинистых минералов породы содержат разное количество химически связанной воды: например, максимальная гигроскопичность каолиновой глины лишь немного превышает 1 %, монтмориллонитовой может приближаться 40 %.

Степень набухания маловлажных набухающих глинистых грунтов зависит от минералогического состава глинистых фракций (наибольшее набухание, примерно 100 %, имеют монтмориллонитовые и бентонитовые глины, наименьшее – примерно 15-20 % - каолинитовые), от влажности – плотности грунта перед увлажнением и от величины действующего давления. Величина сил набухания зависит от жесткости противодействующих набуханию конструкций сооружений (фундаментов) и может достигать до $1500 \text{ кН/м}^2 = 1,5 \text{ МПа}$, что значительно превосходит обычные давления от фундаментов сооружений ни в коем случае не следует их допускать и требуются инженерные мероприятия против набухающих сил грунтового основания.

Следует отметить, что существенные изменения упруго-вязко-пластичных свойств у глинистых грунтов, монтмориллонитовых и бентонитовых глин вызывает магнитная обработка водных дисперсий глинистых минералов. Основные действия магнитных полей заключается в ориентировке структурообразующих элементов и изменении толщины сольватных оболочек вокруг частиц дисперсной фазы [2, 5]. При этом, магнитное поле влияет на процесс осаждения обработанных глинистых растворов твердых частиц, на формирование структуры и текстуры глинистых минералов образуются высокодисперсные ферромагнитные частицы, прочно связанные под влиянием магнитной силы притяжения сольватные оболочки, которые хорошо связывают частицы глинистых минералов, создает повышенное диполь-дипольное взаимодействие и увеличивает эффект по прочности.

Выводы:

1. Источники возникновения и развития гидротермальных условий бывают разнообразными и создают взаимные фазовые переходы одного вида глинистых пород к другому и резко изменяют физико-химические и механические свойства этих пород.

2. При гидротермальных условиях в некоторых глинистых грунтах таких как: бентонитовые, монтмориллонитовые, сарматные и каолинитовых глинах происходит набухающие деформация и силы набухания (1,5МПа) могут деформировать любые конструкции подземных сооружений. Для предохранения конструкций подземных сооружений от разрушения набухающих сил грунтового основания, требуются специальные инженерные мероприятия направленные против набухающих сил.

3. У адсорбированной теплой воды сильно изменяются структура и текстура, а также свойства глины. Одни могут давать провальные деформации просадки, (например, лессовые просадочные), другие сильно набухающие деформации (например, монтмориллонитовые, бентонитовые и сарматные) глины.

Библиографический список

1. Никольская Н.К., Котов Н.В., Франк - Каменецкий В.А., Гойло Э.А. Гидротермальные преобразования каолинита в железосодержащих средах при повышенных PH_2O - Т – параметров. Вестн. ЛГУ. Геология, география, 1985, №14, с.8-14.

2. Калинин В.А., Томашевская И.С. О пластичности минералов при фазовых переходах. – ДАН, 1983, т.268, №1, с.59-61.

3. Смирнов В.А., Жеру М.И., Окопная Н.Т. и др. Влияние щелочной обработки на некоторые свойства монтмориллонита. Изв. АН Мол. ССР Сер. Биол, ихим. Наук, 1980, №6, с.69-73.

4. Злочевская Р.И., Дивисилова В.И., Куприна Г.А., Сергеев Е.М, Исследование взаимодействия глин с кислыми и щелочными растворами в процессе их набухания. В кн.: Связанная вода в дисперсных системах. М.: 1974, вып. 3, с.4-20.

5. Злочевская Р.И., Королев В.А. Температурный фактор при формировании физико-механических свойств водонасыщенных глин различной плотности. – В кн.: Связанная вода в дисперсных системах. М.: 1977, вып. 4, с.34-58.

6. Шишкин Ю.П. Адсорбционные свойства глин. Якутск: Ин-т мерзлотоведения СО АН СССР, 1986, - 86с.

7. Самедов А.М., Зима Д.В. Нарушение экологического равновесия в массиве горных пород вследствие влияния высокой температуры и горячей воды. Вісник НТУУ «КПІ», серія «Гірництво», вип. 18, 2009, К.: 2009г., с.140-148.

УДК 624

Ган А.Л., к.т.н., доцент, Шайдецька Л.В., ст. викладач, Стороженко Д.А., магістр, НТУУ «КПІ» м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДИНАМІЧНО УЩІЛЬНЕНИХ ЗОН В ГРУНТОВОМУ МАСИВІ

Розглянуто вплив динамічного навантаження на фізико-механічні властивості ґрунтів. Приведено методика досліджень з визначення деформаційних параметрів ущільнених зон в ґрунті створених дією вибуху. Наведені результати досліджень.

Рассмотрено влияние динамической нагрузки на физико-механические свойства ґрунтов. Приведена методика исследований с определения деформационных параметров уплотненных зон в ґрунте сформированных действием взрыва. Наведены результаты исследований.

The effect of dynamic load on the physical and mechanical properties of soils. Powered research methodology to determine the deformation parameters compacted zones in the soil created by the action of an explosion. The results of the research.

Державна програма капітального будівництва в Україні на сьогодні зменшена до мінімуму, через це збільшуються об'єми реконструкції будівель та часткового будівництва в умовах щільної міської забудови або на територіях промислової забудови.

При цьому, погіршення гідрогеологічних умов та підвищене техногенне навантаження на території міської забудови припускають необхідність спеціальних способів закріплення ґрунтових основ.

Питання, що розглядається пов'язане з фізико-механічними властивостями ґрунтів. На Україні широко розвинуті в основному лесовидні суглинки та супіски, що мають високу пористість, в яких при замочуванні проявляються нерівномірні деформації.

В зв'язку з цим особливої уваги заслуговує подальше удосконалення проектування та будівництва будівель і споруд на основах, які складені ґрунтами із складними інженерно-геологічними умовами. А це може бути можливим тільки при наданні таким ґрунтам достатньої несучої спроможності за рахунок зміни початкових фізико – механічних параметрів під дією динамічного ущільнення.

Існують різні методи закріплення ґрунту. Один з найбільш ефективних методів закріплення м'яких глинистих ґрунтів є упровадження твердих матеріалів в ґрунтові масиви динамічними ударами або витрамбовуванням ґрунту. Якщо при виконанні цього способу використати енергію вибуху, то можна отримати покращений спосіб ущільнення великих за площею територій за більш короткий термін, який також надає можливість скоротити використання важкого обладнання.

Для дослідження параметрів (фізико-механічних характеристик) ущільнених зон було проведено ряд досліджень.

По перше на будівельному майданчику відібрали зразки ґрунту відповідно до [1]. Монолітний зразок відібраний з гірничої виробки ізолюють від впливу зовнішнього

середовища. Моноліти туго обмотують шаром марлі, що пропітана парафіном частково змішаним з гудроном, або сумішшю парафіну з 20-25% технічного воску, 10% каніфолі та 3,5% мінерального масла. Потім обернений у марлю моноліт опускають в розплавлений парафін. До цього на верхню грань моноліту вкладають завернуту у кальку пропітану парафіном етикетку, другий екземпляр етикетки приклеюють зверху моноліту.

На етикетці вказують число, місце та номер партії. Зразки ґрунту призначені для транспортування до лабораторії вкладаються у ящики з тирсою.

На початку досліджень визначався гранулометричний склад ґрунту та його основні фізико-механічні властивості до початку впливу динамічного навантаження та після його прикладання. Результати заносимо до таблиці 1 та 2.

Табл.1 – Гранулометричний склад досліджуваних ґрунтів

Гранулометричний склад в % (розмір сит в мм)								
>10	10-2	2-1	1-0.5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	<0,05	
			12			9	89	

За результатами гранулометричного складу можна стверджувати, що досліджуваний ґрунт – супісок лесовидний.

Табл. 2 – Фізико-механічні показники ґрунту до та після проведення динамічного впливу

	W	ρ	ρ_d	ρ_s	n	e	S_r	W_L	W_P	I_p	I_L	I_{om}
До дослідю	0,124	1,71	1,52	2,68	43,3	0,763	0,44	0,26	0,21	0,05	-1,72	
Після дослідю	0,121	1,74	1,55		42,2	0,729	0,44					

В лабораторії вирізаємо із куба ґрунту частину зразку і поміщуємо в прозору ємкість. В досліджуваний ґрунт по центру ємкості для створення динамічного ущільнення встановлюється заряд діаметром 8 мм та висотою 25 мм на глибину 45 мм з вибуховою речовиною (ВР) – димний порох. Ініціювання проводили за допомогою електрозапалювача, який складається із суміші роданистого свинцю та бертолетової солі. Відкрита частина ємкості із зразком ґрунту накривалася металевим листом із пригрузом (див. рис.1а, 1б, 1в).



Рис. 1 – Етапи проведення досліджень: а – зразок ґрунту із встановленим зарядом; б – зразок під час проведення вибуху; в – зразок після проведення вибуху.

Після проведення підривання зразки ґрунту досліджували на компресійному приладі (одометрі), який складається з робочого кільця, циліндричної обойми, перфорованого вкладиша під робоче кільце та піддону з ємкістю для води (рис.2).

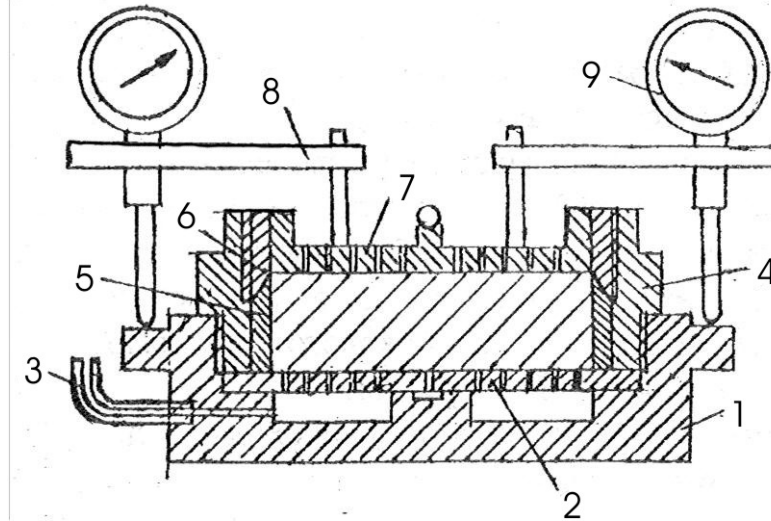


Рис. 2. – 1- база приладу, 2 – перфороване дно, 3 – штуцер, 4 – кільце обойми, 5 – кільце, 6 – кільце, 7 – штамп, 8 – консольний утримувач, 9 – індикатор переміщень годинникового типу.

Результати досліджень вносять до таблиці 1.

P кг/см ²	При природній вологості				Після водонасичення			lpz _{ест.} мм/м	□ _i д.о.
	□h, мм	□h/h	e	a	□h, мм	□h/h	e		
0		0	0,763			0	0,763		
0,25	0,050	0,0020	0,759	0,016	0,160	0,0064	0,752	2,0	0,004
0,5	0,120	0,0048	0,755	0,016	0,280	0,0112	0,743	4,8	0,006
1,0	0,460	0,0184	0,731	0,048	0,670	0,0268	0,716	18,4	0,008
1,5	0,630	0,0252	0,719	0,024	0,890	0,0356	0,700	25,2	0,010
2,0	0,780	0,0312	0,708	0,022	1,050	0,0420	0,689	31,2	0,011
3,0	1,030	0,0412	0,690	0,018	1,340	0,0536	0,669	41,2	0,012

Випробування ґрунту методом компресійного стиску проводили для визначення таких характеристик деформованості, як коефіцієнта стисливості m_0 та модуля деформації E.

Обробка результатів досліджень приводиться відповідно до [1]. Величину коефіцієнту пористості e_{0i} визначаємо за формулою

$$e_{Pi} = e_0 - \varepsilon_i(1 + e_0) \quad (1)$$

де $\varepsilon_i = \frac{\Delta h}{h}$ – відносна деформація зразка ґрунту при навантаженні; h – висота кільця компресійного приладу ($h = 25\text{мм}$).

За результатами розрахунків будуємо компресійну криву, після чого для ґрунту, що досліджується визначаємо значення коефіцієнту стисливості за формулою:

$$m_0 = \frac{e_1 - e_2}{P_2 - P_1} \quad (2)$$

де P_1 і P_2 – тиск на зразок ґрунту; e_1 і e_2 – значення коефіцієнтів пористості, що відповідають тискам P_1 і P_2 (приймаємо за компресійними кривими рис.3.).

Величина розрахункового модуля деформації ґрунту для кожного шару ґрунту вводитьься за формулою:

$$E = \frac{1 + e_0}{m_0} \cdot \beta, \text{ МПа}, \quad (3)$$

де β – коефіцієнт, що враховує неможливість бічного розширення ґрунту в компресійному приладі.

Результатами проведення компресійних досліджень було побудовано компресійні криві.

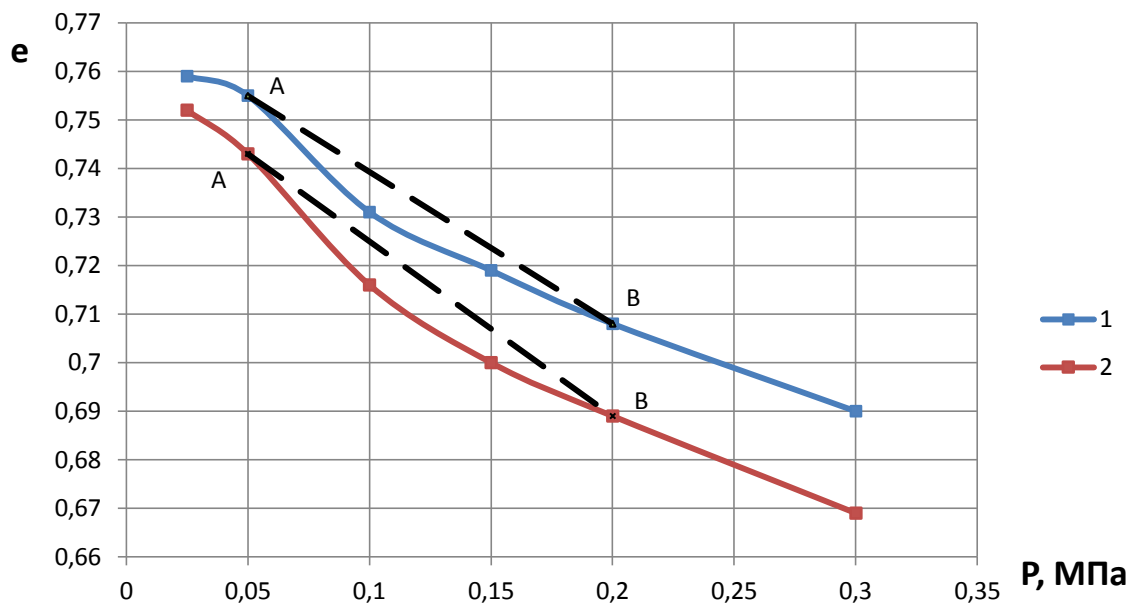


Рис. 3 - Компресійні криві: 1- до водонасичення ґрунту; 2 – після водонасичення ґрунту.

Висновки

1. Динамічне навантаження на зразки прикладалось за допомогою дії вибуху поодинокого циліндричного заряду. Для збереження природної вологості і чистоти експерименту одразу після підривання зразки ґрунтів герметично запаковувались за допомогою попередньо просоченої в парафіні марлі і додатково обмотувались поліетиленовою плівкою.

2. За результатами проведених компресійних досліджень було побудовано компресійні криві, які показують, що при початковому тиску, який становить 0,05 МПа коефіцієнт пористості становить для водо насичених ґрунтів $e = 0,755$, а у природному стані $e = 0,743$, що на 0,012 менше. При тиску 0,3МПа коефіцієнт пористості для водо насичених ґрунтів складає $e = 0,689$, а у природному стані $e = 0,669$, що на 0,02 менше. Отже можна зробити висновок, що зі збільшенням тиску збільшується приріст коефіцієнта пористості водонасиченого зразка від зразка у природному стані.

3. Аналогічно картина спостерігається при визначенні відносного стиснення, а саме: при 0 тиску коефіцієнт відносного стиснення 0. При тиску 0,5МПа коефіцієнт відносного стиснення для водонасиченого ґрунту становить 0,011, а для ґрунту в природному стані – 0,005, тобто різниця між ними становить 0,006. Потім, при збільшенні тиску, цей коефіцієнт рівномірно пропорційно збільшується і при тиску 3МПа відповідно становить: для водонасиченого ґрунту 0,041, а для ґрунту в природному стані 0,054, тобто різниця між ними складає 0,013. Отже ми бачимо, що зі збільшенням тиску збільшується приріст коефіцієнта відносного стиснення водонасиченого зразка від зразка у природному стані.

Бібліографічний список

1. ДСТУ Б В.2.1-4-96 (гост 12248-96) Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформованості.

УДК 622.35

Н.П. Карімбетова, аспірант, В.В. Котенко, к.т.н., доцент, декан гірничо-екологічного факультету (Житомирський державний технологічний університет)

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ПРИ ПІДГОТОВЦІ МАСИВУ ДО ВІДОКРЕМЛЕННЯ В УМОВАХ КАР'ЄРІВ ВИСОКОМІЦНОГО БЛОЧНОГО ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ

Наведено результати досліджень залежності продуктивності технологічного обладнання при підготовці моноліту високоміцних порід до відокремлення від природних, технічних, організаційних та інших факторів.

The results of researches have been shown anent the dependence of the productivity of technological equipment for preparing the monolith of high strength rocks to separate from the natural, technical, organizational and other factors.

Вступ. Продуктивність технологічного обладнання характеризує об'єм роботи, виконуваної за одиницю часу певною одиницею устаткування відповідно до його конструктивних особливостей, технічних характеристик та виробничої кваліфікації працівників. Це необхідний елемент розрахунку виробничої потужності підприємств, один з основних показників ефективності їх роботи. Кар'єри блочного облицювального каменю не є виключенням.

Актуальність дослідження. В наш час існує гостра необхідність досягнення максимальної виробничої потужності підприємств по видобуванню високоміцного облицювального каменю. Для цього необхідно сформулювати найбільш продуктивний

технологічний комплекс обладнання, що забезпечить максимальну ефективність роботи кар'єру.

На продуктивність технологічних комплексів безпосередньо впливає продуктивність кожної з складових ланок даного комплексу. Знаючи чинники, які визначають ефективність роботи кожної ланки, можливо коригувати кількісний та якісний склад комплексів та досягати максимальної виробничої потужності в конкретних гірничо-геологічних умовах. Так, в першу чергу, важливо проаналізувати фактори, що впливають на продуктивність кожної з одиниць технологічного обладнання в технологічному ланцюзі.

Виклад основного матеріалу. Розрізняють паспортну, технічну та експлуатаційну продуктивність окремих машин і комплексу обладнання в цілому.

В загальному вигляді експлуатаційна продуктивність окремих машин звичайно визначається з виразу:

$$Q_{\text{екс}} = Q_{\text{т}} * T_{\text{к}} * K_{\text{в}} \quad (1)$$

де $Q_{\text{т}}$ – технічна (часова) продуктивність машини при неперервній її роботі;

$T_{\text{к}}$ – календарний період часу, що розглядається для визначення продуктивності;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання машини у часі [1].

Продуктивність комплексів та окремих гірничих і транспортних машин залежить від багатьох факторів, з яких можливо виокремити наступні відособлені групи.

Природні фактори. Продуктивність обладнання визначається передусім фізико-механічними характеристиками гірських порід (твердість, тривкість, пористість, густину, середню густину, насипну густину, пластичність, крихкість тощо).

Фізико-механічні характеристики порід впливають передусім на швидкість виконання окремих операцій і технологічних процесів, а також визначають динамічні навантаження на деталі та вузли обладнання та швидкість їх зношування. Неоднорідність структури породного масиву збільшує динамічні навантаження, тривалість допоміжних операцій та нерівномірність їх виконання [2].

На рисунку 1 зображено графік залежності продуктивності бурових самохідних установок типу Quarry Commando 120R при бурінні свердловин для подальшого нарізання допоміжних площин відслонення за допомогою алмазної канатної установки.

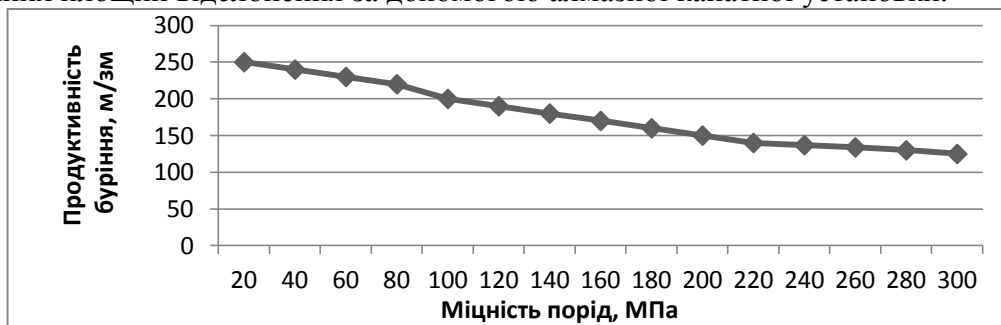


Рис. 1. Залежність продуктивності бурових установок від міцності гірських порід

Технічна продуктивність різання алмазної канатної установки визначається з технічних характеристик машин.

На рисунку 2 зображено графік залежності продуктивності алмазних канатних установок типу Marini Gran Fill Super від міцності гірських порід.

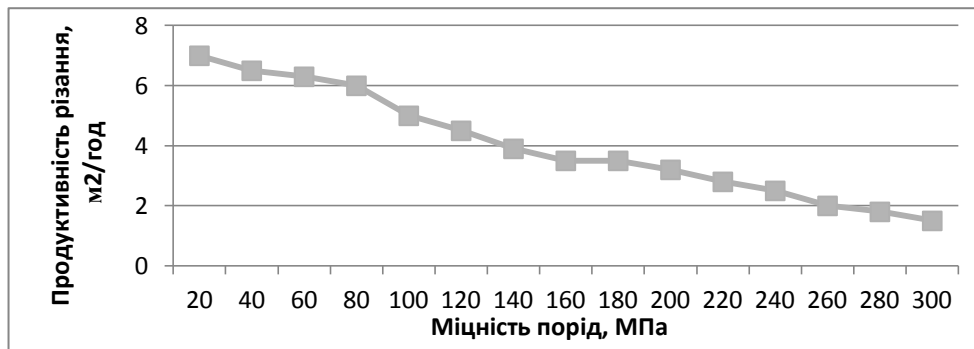


Рис. 2. Залежність продуктивності алмазних канатних установок від міцності гірських порід

Отже, продуктивність обладнання для підготовки до відокремлення моноліту від масиву зменшується пропорційно зі збільшенням міцності порід.

Велике значення має температурний режим. При низькій температурі збільшується опір гірських порід вийманню. Частота аварійних простоїв різко зростає, що пов'язано в основному зі значним зниженням в'язкості металу, загусанням мастила в підшипниках, а також із підвищенням динамічних навантажень на робочі органи через промерзання масиву.

В цілому погіршення природних умов обумовлює не тільки зниження технічної та експлуатаційної продуктивності окремих машин і механізмів, але і збільшення нерівномірності виконання операцій і технологічних процесів, і в результаті цього додатково зменшується продуктивність комплексу. Зі збільшенням важкості розробки гірських порід при інших рівних умовах збільшується необхідне число машин і механізмів, що веде до росту капітальних та експлуатаційних затрат, а також ускладнює організацію гірничих робіт.

Конструктивно-виробнича надійність гірничих машин та механізмів. Недостатня надійність гірничих машин та механізмів, що характеризується вірогідністю перебування в працездатному стані, є однією з основних причин неповного і недостатньо ефективного використання виробничої потужності парку гірничих та транспортних машин на кар'єрах.

Технологічні фактори. На продуктивність гірничого та транспортного обладнання суттєво впливають параметри системи розробки, транспортна схема кар'єру і шляховий (дорожній) розвиток окремих робочих уступів, форма траси, уклони, дальність транспортування тощо [2].

Продуктивність алмазно-канатного пиляння визначається із залежності:

$$Q = k * V * L, \text{ м}^2/\text{год} \quad (2)$$

де k – коефіцієнт, що враховує довжину контакту «порода-інструмент» (при довжині контакту $L=10$ м коефіцієнт дорівнює $k=1,0$; при $L=15$ м $k=0,66$; при $L=20$ м $k=0,5$; при $L=25$ м $k=0,4$; при $L=30$ м $k=0,33$); V - швидкість пиляння міцних порід алмазно-канатним обладнанням:

$$V = 4,56 * 10^{-4} (39,36 * V_p - 0,06 * q), \text{ м}^2/\text{год} \quad (3)$$

де V_p – швидкість різання (швидкість руху канату), м/с; q – комплексна твердість породи; L – довжина пропилю, м.

Так, експлуатаційна продуктивність алмазної канатної установки зростає зі збільшенням довжини пропилю та швидкості руху канату.

Продуктивність роботи заглибних пневмоударників залежить в першу чергу від робочого тиску в камері пневмоударника. Швидкість буріння свердловин та витрати повітря зростають пропорційно зі збільшенням робочого тиску пневмоударника.

При бурінні свердловини одного діаметра можливості підвищення продуктивності буріння визначаються збільшенням тиску і передударної швидкості. Необхідне осьове зусилля G (Н) на ударну машину визначається з виразу:

$$G = \frac{2 * A * v}{V_y * \eta} \quad (4)$$

де η – практичний коефіцієнт ($\eta=0,5-0,7$); v – частота ударів, Гц; A – енергія одиничного удару, Дж; V_y – передударна швидкість, м/с.

Зменшення висоти уступу призводить до більш частих пересувань бурового та виймально-навантажувального обладнання. Тому експлуатаційна продуктивність бурових установок зростає із збільшенням довжини свердловини.

До організаційних факторів відносять річний та добовий режим роботи обладнання, строки проведення профілактичних оглядів і ремонтів, кваліфікація обслуговуючого персоналу, організація ремонтних та допоміжних служб та оснащеність їх необхідними матеріалами, механізмами та інструментами, планування окремих процесів і гірничих робіт в цілому, оперативне управління та контроль.

Висновки: На експлуатаційну продуктивність обладнання для підготовки моноліту до відокремлення в першу чергу впливають природні (фізико-механічні властивості порід, кліматичні умови) та технологічні (параметри моноліту, технічні характеристики обладнання) фактори. Також важливо враховувати вплив конструктивно-виробничої надійності гірничого обладнання та організаційних факторів.

Бібліографічний список

1. Бычков Г.В. Направления повышения эффективности технологий добычи и обработки природного камня на Урале. Дисс. ... докт. техн. наук. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 385 с.
2. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Учебник для вузов. В 2-х частях. Часть 2. Технология и комплексная механизация. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 549 с.
3. Солод В.И., Гетопанов В.Н., Рачек В.М. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов. Учебник для вузов. – М., Недра, 1982, 350 с.

УДК 338

Тайєб-Тамаша Ясміна, студентка III курсу КНЕУ ім. В.Гетьмана, Тарасюк О.С., ас. кафедри ГБ та ГТ НТУУ «КПІ»

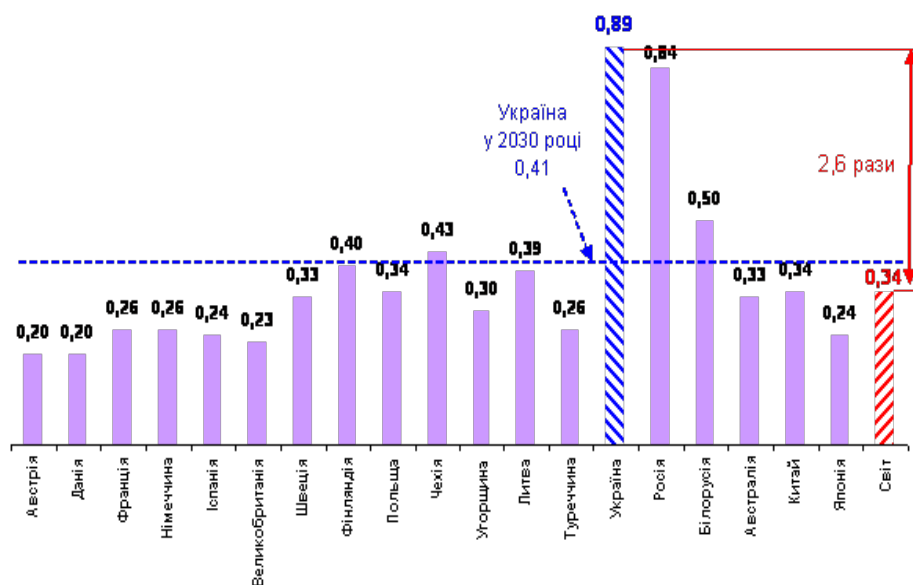
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЯК ЧИННИК ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

Данная статья представляет анализ состояния энергосбережения в Украине и других странах, его влияния на экономику и предлагает пути разрешения этой проблемы на микро- и макроуровне.

This article provides the energy saving condition's analysis in Ukraine and other countries, its influent on the economy and propose ways of solving this problem on micro and macro levels.

На сучасному етапі розвитку економіки України гостро постає проблема раціонального використання енергоресурсів. У зв'язку з цим важливого значення набувають питання стимулювання розробки та впровадження системи енергозбереження. ВВП на одиницю використаної енергії сьогодні в Україні нижче відповідного показника Польщі в 2,5 рази, США та Китаю - у 3 рази, а Японії - в 4,5 рази.

Отже, необхідно не тільки правильно вибрати оптимальну модель енергозберігаючого господарювання, але і з мінімальними витратами, використовуючи наявний технічний і технологічний потенціал, досліджувати шляхи поетапного її застосування.



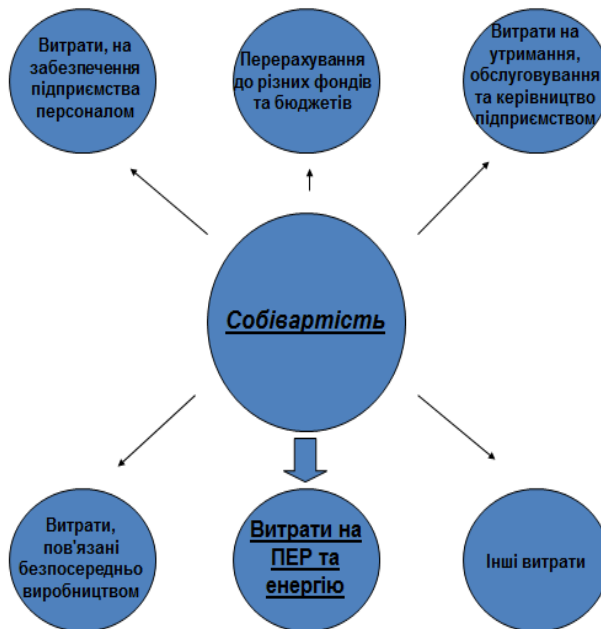
Питаннями раціонального використання матеріальних ресурсів займалися вчені: О.І.Амоша, В.В.Браїлов, В.М.Бродяньський, Б.М.Волков, Н.К.Громов, С.П.Денисюк, Ю.О.Долгоруков, Н.Т.Єфімов, Ю.С.Железко, М.П.Ковалко, Ю.Г.Лекомцев, Л.Л.Пасечнік, Е.А.Полікарпов, А.В.Праховник, Н.Д.Прокопенко, С.Я.Салига, Г.А.Семенов, Ю.А.Сосновський, В.С.Степанов, М.В.Рапцун, В.Ю.Тонкаль, А.К.Шидловський, М.Г.Чумаченко та інші. Особливо велика увага до проблеми підвищення ефективного використання енергоресурсів на промислових підприємствах і в державі в цілому приділяється з боку уряду України.

Не зважаючи на високий рівень професіоналізму названих авторів, все ще існує досить широкий комплекс проблем для дослідження аспектів раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів на промисловому підприємстві.

Метою роботи є дослідження стану енергоспоживання, ефективності використання енергії і розробка методичних принципів побудови концепції стимулювання розробки і впровадження системи енергозбереження на підприємствах в сучасних умовах та вироблення практичних рекомендацій, спрямованих на зменшення собівартості виробленої продукції та підвищення її конкурентоспроможності.

Актуальність теми визначається об'єктивною необхідністю подолання кризових явищ в енергетичному секторі та підвищення конкурентності українських товарів на світових ринках.

Підприємницька діяльність суб'єктів господарювання завжди потребує витрачання певних коштів, а прибуткова реалізація виробленої продукції або певних послуг неможлива без обґрунтованої ціни на продукцію (послуги). Вирішенням цього питання займається така економічна категорія як собівартість. Економічне значення собівартості полягає в тому, що вона показує величину затрат підприємства на виробництво продукції. Собівартість є важливим узагальнюючим показником, який характеризує ефективність роботи підприємства, оскільки у ній відображається всі сторони виробничо-господарської діяльності фірми. Зниження собівартості продукції – основний шлях отримання конкурентних переваг на ринку аналогічних товарів.



Особливої актуальності для суб'єктів господарювання набуває можливість впливати на собівартість продукції за рахунок її енергетичної складової. За умов зростання цін на ПЕР для підприємств, у собівартості продукції яких енергетична складова становить більше 15 %, розвиток управління енергозбереженням має стати пріоритетом.

Впровадження енергозбереження на рівні суб'єкту господарського виробництва й підвищення загальної ефективності системи управління енергозбереженням й засадами енергозбереження дає можливість промислового підприємству отримати ряд економічних ефектів, серед яких:

- скорочення витрат на енергетичні ресурси, що забезпечується зниженням собівартості продукції за рахунок її енергетичної складової;
- підвищення конкурентоспроможності продукції за рахунок покращання співвідношення «ціна-якість»;
- можливість забезпечення оптимального завантаження виробничих потужностей;
- підвищення прибутковості; вивільнення коштів.

Завдання пріоритетного розвитку енергетики завжди було в числі головних економічних завдань ЄС. Раніше це завдання вирішувалося проведенням відповідної політики в рамках окремих держав. Загострення проблеми енергоресурсів і конкурентної боротьби та посилення зв'язку політики з економікою поставили питання енергетичної безпеки країн ЄС на рівень загальноєвропейського. Розв'язання енергетичної проблеми західні політики та бізнес вбачають у посиленні інтеграційних процесів у сфері енергетичного забезпечення потреб економіки і соціально-культурної сфери на єдиній організаційно-правовій базі. Конкретними орієнтирами ЄС у сфері енергетики стали завдання зниження енергопостачання на 13 % до 2020 р., доведення частки поновлюючих джерел енергії до 20 %, зменшення викидів вуглецю на 20 %.

Заходи/Країни	Країни																																				
	Австрія	Бельгія	Данія	Фінляндія	Франція	Німеччина	Греція	Італія	Нідерланди	Норвегія	Португалія	Іспанія	Швеція	Швейцарія	Великобританія	Україна	Вірменія	Азербайджан	Білорусія	Болгарія	Хорватія	Чехія	Естонія	Грузія	Угорщина	Латвія	Литва	Македонія	Молдова	Польща	Румунія	Росія	Словенія	Словаччина			
Елементи державної політики у сфері енергозбереження																																					
Загальна стратегія енергозбереження	[Blue]																																				
Законодавство з енергозбереження	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]		
Визначена цілей у сфері	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]		
Координуючий підрозділ	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]		
Енергозберігаючі заходи в житловій та комунальній сферах																																					
Інформація, Освіта, Популяризація	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]		
Джерела фінансування	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]		
Регулятивна політика в галузі	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	
Добровільні угоди	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	
Енергозберігаючі заходи в промисловості																																					
Інформація, Освіта, Популяризація	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]		
Джерела фінансування	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	
Регулятивна політика в галузі	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	
Добровільні угоди	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	
Енергозберігаючі заходи на транспорті																																					
Інформація, Освіта, Популяризація	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	
Джерела фінансування	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]
Регулятивна політика в галузі	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]
Добровільні угоди	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]
Міжгалузеві енергозберігаючі заходи																																					
Інформація, Освіта, Популяризація	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	
Джерела фінансування	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]
Регулятивна політика в галузі	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]	[Blue]
Добровільні угоди	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]	[Red]

Заходів не існує
 Заходи запроваджені
 Заходи заплановані до впровадження
 Інформації немає

Реалізація програм енергозбереження здійснюється усіма країнами ЄС. У цьому відношенні представляється цінним досвід тих із них, які досягли найбільшого прогресу в енергозбереженні Данії, Німеччини та Польщі.

Про успіхи Данії у сфері енергозбереження говорить той факт, що маючи з 1970 року 50 % приріст промислового виробництва, країна не збільшила споживання енергії за цей період ні на один відсоток. Враховуючи загострення екологічної ситуації, а також тенденції на світовому енергетичному ринку, Міністерство транспорту і енергетики Данії у 2005 р. розробили довгострокову стратегію енергетичного розвитку країни на період до 2025 року. Ця стратегія покликана забезпечити баланс між економічним розвитком держави, екологічними аспектами її розвитку і питаннями енергетичної безпеки. Основними її цілями є забезпечення енергетичної безпеки на довгострокову перспективу, підтримання умов для стійкого економічного розвитку країни в умовах високих і нестабільних світових цін на енергоносії, урахування і дотримання національних екологічних пріоритетів, розроблення і впровадження нових енергозберігаючих технологій; створення стабільного лібералізованого ринку газу і електрики, що забезпечать вільний вибір постачальників енергії, а також рівні умови для конкуренції підприємств у рамках ЄС.

Не менш цінним є досвід такої країни як Німеччина. За період 2000-2003 рр. влада Німеччини щорічно вкладала у розвиток енергозбереження не менше 200 млн. євро. Упродовж 2003-2005 рр. фінансування таких проектів було збільшено до 360 млн. євро. А з 2006 р. зростання щорічних капіталовкладень стало ще більш вагомим і становило близько 1 млрд. євро.

Влада активно залучає до участі у нових проектах приватний капітал, використовуючи для цього такі засоби як організація і проведення конкурсів з реалізації енергозберігаючих кредитів, надання пільг в оподаткуванні та отриманні кредитів.

Польща впроваджує систему енергозбереження з 1991 року. На декількох моментах політики енергозбереження цієї країни варто зупинитися. Насамперед слід зазначити, що влада Польщі гармонізувала національне законодавство з нормативно-правовими

документами ЄС. Практично немає суперечностей між загальнодержавними та місцевими нормативно-правовими актами. Успішно формується інституційно-організаційне забезпечення політики енергозбереження. У країні налагоджено ефективну і цілеспрямовану роботу державних та місцевих органів влади, фінансових і комерційних структур, суб'єктів господарювання щодо проведення заходів енергозбереження.

Польща має позитивний досвід змішаного фінансування енергетичних проектів (кошти Євросоюзу, міжнародних фондів-донорів, екологічних фондів, бюджету), де вміло використовується система податкових пільг.

Фактор енергозбереження є одним із визначальних для енергетичної стратегії України. Від його рівня залежить ефективне функціонування всієї національної економіки.

Показник енергоємності ВВП в Україні у перші роки її незалежності і переходу до ринкової економіки був у три-п'ять разів вищим порівняно з розвиненими країнами, що об'єктивно обмежувало конкурентоспроможність національного виробництва та добробут народу і лягло важким тягарем на економіку - тим більше в умовах її зовнішньої енергетичної залежності.

Фактор низької енергоефективності став одним з визначальних щодо кризових явищ в українській економіці. Дійсно, у структурі витрат на виробництво промислової продукції в першій половині 90-х рр. майже втричі зросла вартісна складова ПЕР в матеріальних витратах на цю продукцію, сягнувши 42% їх загального обсягу. Першопричиною цих явищ стало істотне зростання вартості імпортованих ПЕР протягом згаданого періоду.

Шляхи вирішення проблем енергозбереження в Україні:

- приведення окремих положень законодавства у сфері енергозбереження у відповідність з економічною ситуацією;
- удосконалення порядку нормування питомих витрат енергоносіїв;
- створення системи нових енергетичних стандартів;
- удосконалення системи державної експертизи з енергозбереження;
- запровадження обов'язкової статистичної звітності щодо використання енергоресурсів;
- створення єдиного механізму державного контролю у сфері енергозбереження і енергоефективності, уникаючи дублювання функцій органів державного управління у цих сферах;
- встановлення адекватної юридичної відповідальності юридичних осіб, посадовців та громадян за неефективне використання паливно-енергетичних ресурсів.

Отже, комплексне розв'язання проблеми енергозбереження – найбільш прийнятний шлях подолання енергетичної кризи. Це на своєму прикладі продемонстрували високорозвинені країни, зокрема країни ЄС. Досліджуючи такі країни як Данія, Німеччина, Польща, Нідерланди, можна зробити висновок, що енергетична політика ЄС у сфері енергозбереження доводить свою ефективність. Отже, Україна повинна переймати цінний досвід країн Європи і світу в сфері енергозбереження та енергоефективності.

По-перше, необхідно розробити не тільки ефективну, але й комплексну законодавчу програму щодо питань енергозбереження. Затверджена "Енергетична стратегія України на період до 2030 року й подальшу перспективу" та Закон України "Про енергозбереження" мають багато недоліків і потребують суттєвого доопрацювання. В них скоріше відмічено аналіз та прогноз розвитку окремих секторів, але не бачення енергетичної безпеки та енергетичної стратегії держави в цілому, відповідно до чіткого плану дій. Тому енергетична криза для України – це не стільки залежність від зростаючої ціни російського газу, скільки наслідок недостатньої уваги керівництва країни в енергетичній сфері, починаючи з моменту одержання незалежності.

По-друге, потребується створення системи нових енергетичних стандартів та удосконалення контролю за енерговитратами. Необхідно вдосконалити систему експертизи із енергозбереження, зокрема енергоменеджмент та енергоаудит на енергомістких підприємствах та на державному рівні загалом.

По-третє, Європейський досвід показує, що енергозбереження потребує величезних капіталовкладень не тільки на стартовому етапі. Туди необхідно регулярно вкладати не малі кошти задля підтримання енергозбереження на належному рівні, зважаючи на необхідність його постійного вдосконалення. При цьому кошти повинні надходити не лише з державного бюджету, а й приватних фондів та організацій. Проблема енергозбереження в нашій країні потребує зацікавлення українських та закордонних інвесторів.

По-четверте, всім відомо, що будь-яка глобальна проблема не може бути вирішена без безпосередньої зацікавленості в ній не лише влади, підприємців, а й всього населення загалом. Населення є прямими споживачами енергії. Отже, необхідно зацікавити цих споживачів серйозно поставитися до проблеми енергозбереження, адже без цього всі державні заходи та інвестиції зводяться нанівець. Українське законодавство потребує встановлення адекватної юридичної відповідальності юридичних осіб, посадовців та громадян за неефективне використання паливно-енергетичних ресурсів. Крім того необхідно забезпечити перехід до масового застосування та заміни на сучасні прилади обліку споживання енергоресурсів.

Отже, проаналізувавши проблеми енергозбереження, енергоспоживання та енергоефективності в даній роботі, можна зробити висновок, що це справа не декількох днів і навіть не місяців. Ця проблема потребує комплексного глобального поетапного вирішення і стосується всіх верств населення та торкається багатьох сфер нашого життя. Для того щоб Україна досягла успіху у впровадженні елементарних засад енергозбереження необхідно провести багато реформ, витратити багато коштів, часу й сил таким чином підготувавши "грунт" для наступних вагомих заходів.

XXI століття – століття глобалізації, яке потребує великої кількості ресурсів, а особливо такого цінного ресурсу як енергія. Тому проблеми енергозбереження та енергоефективності, які гостро постали на зламі століть, не втратять своєї актуальності і в майбутньому, а отже, вимагають особливої уваги не лише в Україні, але й в усьому світі.

Бібліографічний список

1. Закон України "Про енергозбереження" №74 / 94-ВР від 1.07.1994р.
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Розпорядження, стратегія від 15.03.2006 р. №145-Р
3. Аналітична інформація щодо моніторингу виконання державних і регіональних програм енергозбереження та впровадження енергоефективних заходів і технологій в областях України // Енергоінфом. – 2008. – №48.
4. Мигас И.М. Методика технико-экономического расчета обоснованности внедрения мероприятий по энергосбережению в рыночных условиях // Экономика: проблемы теории та практики. Міжвузівський збірник наукових праць. Випуск 56. - Дніпропетровськ: Наука і освіта. 2000
5. Немировский И.А. Барьеры на пути энергосбережения // Энергосбережение Энергетика Аудит. – 2007. – №10
6. Праховник А.В., Іншеков Є.М. Енергозбереження України: стратегія та гармонізація до світових тенденцій; Праці Інституту електродинаміки НАН України. Спеціальний випуск. 2004.
7. Суходоля О.М. Адаптація законодавства України до нормативів ЄС у сфері енергозбереження / Національна безпека і оборона №9, 2002

8. Шидловський А. Проблеми розвитку енергетики // Вісник НАН України. - 2001.

УДК 624.042.5

Самедов А.М. д.т.н., проф., Кравець О.Ю. аспірантка НТУУ «КПІ» з. Києв

ФИЛЬТРАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГЕОМЕХАНИКЕ

Рассмотрены состояние воды в грунтах или в горных породах, фильтрационные процессы в геомеханике.

Составлены и решены дифференциальные уравнения капиллярно-сорбционных и гравитационных сил и градиенты влажности.

Ключевые слова: фильтрационные процессы, химически связанная вода, адсорбция.

The present state of water in soils or rocks, filtration processes in geomechanics.

Formulated and solved the differential equations of capillary sorption and gravitational forces and humidity gradients.

Keywords: filtration processes, chemically bound water, adsorption.

Анализ литературных источников. Фильтрационные процессы в геомеханике являются многофакторными явлениями и с трудом подлежат математическому моделированию.

Закономерности движения влаги в грунтах условно можно делить на две группы: а) движение влаги в грунтах при **неполном их водонасыщении**; б) движение влаги в грунтах при **полном их водонасыщении**.

При неполном водонасыщении пор грунта водой происходит движение **связной и свободной воды**. Передвижению связной влаги способствуют главным образом **сорбционные силы**, определяемые градиентом влажности, а также **термокапиллярная, термоосмотическая и солевая диффузии**. Механизм движения связной влаги в грунтах достаточно хорошо **описывается уравнением переноса поглощенного вещества в коллоидных капиллярно-пористых телах**, предложенным А.В. Лыковым [4,5], которые экспериментально были подтверждены многими учеными, такими как Полубаринова-Кочина П.Я. [6], Н.Н. Веригин [2], А.Ф. Лебедев [3], С.Ф. Аверьянов [1] и др.

В глинистых грунтах, имеющих диаметр частицы $d=0,005$ мм, сила капиллярного натяжения достигает 0,006 МПа, а диаметр $d=0,0002$ мм – сила натяжения 1,5 МПа. Поэтому в песчаных грунтах сила капиллярного натяжения очень слабая, чем в глинистых грунтах. Сила капиллярного давления создает прочность у глинистых грунтов и поднимает капиллярную воду вверх.

По мнению Лебедева А.Ф. и Веригина Н.Н. влага в грунтах может находиться под влиянием сил: гравитационных, сорбционных, капиллярных (менисковых) и осмотических (силы взаимного притяжения, возникающие между молекулами воды и молекулами растворенных веществ). Величина этих сил зависит от концентрации грунтового водного раствора.

Цель работы. Рассмотреть фильтрационные процессы в геомеханике и силы взаимного притяжения между молекулами воды и поверхностью горных пород. Закономерности движения воды в среде массива из горных пород. Составить и решить дифференциальные уравнения капиллярно-сорбционных и гравитационных сил и градиенты влажности, влияющие на скорость движения воды.

Материалы и результаты исследований. Процессы, протекающие в массивах грунта и горных пород, изучает наука геомеханика. Одним из важных и сложных процессов в геомеханике является движение воды, т.е. фильтрационные процессы,

которые резко изменяют структуры, текстуры, физические, химические, минеральные и механические свойства грунтов и горных пород.

В пористых и трещиноватых породах всегда имеется то или иное количество воды. При этом различают химически связанную, физически связанную и свободную воду.

1. Химически связанная вода наряду с другими молекулами и ионами входит в состав кристаллической решетки минералов; удаление такой воды приводит к разрушению минерала, превращению его в другое, безводное соединение.

Вода, находящаяся в кристаллической решетке в виде молекул, называется **кристаллизационной**. Она характерна, например, для гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), опала ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), карналлита ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) и многих других минералов. Кристаллизационная вода, как правило, удаляется при температуре $200 \div 600^\circ\text{C}$. Вода, образующаяся при нагреве из входящих в кристаллическую решетку гидроксильных ионов (OH^- и OH^+), называют **конституционной**; температура ее выделения до 1300°C . Она характерна для таких минералов, как тальк [$\text{Mg}_3(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}$], малахит $\{\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2\}$, каолинит [$\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$] и др.

Наличие в природе химически связанной воды проявляется только при ее нагревании; она обуславливает изменение свойств породы при высоких температурах. Вследствие нарушения кристаллической решетки минералов при выделении из них химически связанной воды происходит ослабление и разрушение пород, а в ряде случаев их упрочнение (глины).

2. Физически связанная вода тесно соединена молекулярными силами притяжения с твердыми частицами породы, обволакивая их в виде пленки. Ее количество зависит от смачиваемости пород. Смачиваемость – способность горной породы покрываться пленкой жидкости.

Смачиваемость пород обуславливается их способностью концентрировать (адсорбировать) на своей поверхности молекулы жидкости за счет электростатического притяжения.

Большинство горных пород относится к хорошо смачиваемым водой (гидрофильными). Частично или полностью несмачиваемые (гидрофобные) – сера, угли, битуминозные песчаники и некоторые другие породы.

Адсорбционная способность пород возрастает при наличии в них растворимых солей, глинистых минералов (особенно с раздвижной кристаллической решеткой -- **монтмориллонита**), а также с увеличением удельной поверхности (с мелкой дисперсностью) твердой фазы. Наблюдается увеличение адсорбционной способности с уменьшением размеров частиц рыхлой породы и увеличением их угловатости.

Физически связанная вода не перемещается в породах, имеет высокую плотность (до $17,4 \text{ Н/см}^3$), низкую температуру замерзания (-78°C), низкие теплоемкость, диэлектрическую проницаемость, электропроводность и не является растворителем. Она удаляется из породы только нагреванием до температуры $107 \div 110^\circ\text{C}$. Поэтому наличие такой воды значительно изменяет физические свойства пород.

В составе грунта имеется 5 видов воды: пар, гигроскопичная, пленочная, свободная (свободная вода делится на гравитационную и капиллярную. Если давление воды больше атмосферного – это есть гравитационная, а меньше – капиллярная) и твердые (лед).

Движение из 5-ти видов воды имеет свободная.

Свободная вода в грунте перемещается под действием гравитационных сил. Движение свободной воды в грунтах определяется совместным действием **гравитационных и капиллярных сил**.

Процесс фильтрации свободной воды в грунтах при неполной насыщенности определяется классическим уравнением Дарси:

$$V = -k_{\phi} \left(\frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{\partial \psi}{\partial y} \right) \quad (1)$$

где k_{ϕ} – коэффициент фильтрации; ψ – функции потенциала капиллярно-сорбционных сил; φ – функции потенциала гравитационных сил.

При небольшой влажности грунта, потенциал гравитации φ имеют малую величину, поэтому им можно пренебречь. Тогда уравнение (1) примет вид:

$$V = -k_{\phi} \frac{\partial \psi}{\partial y} \quad (2)$$

Капиллярно-сорбционные силы имеют значение:

$\frac{\partial \psi}{\partial y} = \frac{\partial \psi}{\partial W} \cdot \frac{\partial W}{\partial y}$, тогда уравнение (2) будет иметь вид:

$$V = -k_{\phi} \frac{\partial \psi}{\partial W} \cdot \frac{\partial W}{\partial y} \quad (3)$$

где W – влажность грунта. Если обозначить градиент влажности $D(W) = k_{\phi} \frac{\partial \psi}{\partial W}$, тогда скорость движения воды V будет пропорциональна градиенту влажности, т.е.:

$$V = -D(W) \frac{\partial W}{\partial y} \quad (4)$$

Уравнение одновременного распространения воды получается из **уравнения неразрывности потока**:

$$\frac{\partial W}{\partial t} + \frac{\partial V}{\partial y} = 0 \quad (5)$$

Скорость фильтрации воды во времени t будет иметь вид:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial y} [D(W) \frac{\partial W}{\partial y}] \quad (6)$$

Таким образом, скорость фильтрации получают из уравнения неразрывности потока.

Выводы

1. Процесс фильтрации подземных вод резко изменяет физико-механические, химические и реологические свойства горных пород.
2. Процесс фильтрации воды в массивах из горных пород описывается в основном по классическим законам Дарси, которые выражаются линейными связями между скоростью фильтрации воды с коэффициентом фильтрации и градиентом давления потока.

Бібліографічний список

1. Аверьянов С.Ф. О водопроницаемости почвогрунтов при неполном их насыщении. – Инж. строительство, 1953, т.2. – с.52-63.
2. Веригин Н.Н. Методы определения фильтрационных свойств горных пород. М.: Госстройиздат, 1961. – 180 с.
3. Лебедев А.Ф. Почвенные и грунтовые воды. Изд-во АН СССР, 1936. – 316 с.
4. Лыков А.В. Тепломассообмен. М.: Энергия, 1972. – 560 с.
5. Лыков А.В. Явления переноса в капиллярно-пористых телах. М.: Стройиздат, 1954. – 160 с.
6. Полубаринова-Кочина П.Я. Теория движения грунтовых вод. – М.: Гостехиздат, 1952. – 250 с.
7. Самедов А.М. Расчет и проектирование геотехнических инженерных сооружений. – Киев, НТУУ «КПИ», 2013. – 806 с.

Скоростинська О.П., Київський технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

СПОСОБИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД НАФТОВИХ ЗАБРУДНЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ СОРБЕНТІВ

Розглянуті основи сорбційних технологій очищення води від нафти.

Якість сорбентів визначається їх ємністю по відношенню до нафти, ступенем гідрофобною- і, плавучістю після сорбції нафти, можливістю десорбції нафти, регенерації або утилізації сорбенту. Застосування сорбентів поєднується з механічними методами збору нафти, які можуть застосовуватися як до, так і після застосування сорбентів, фіксуючих нафту і запобігають утворенню емульсій.

Неорганічні сорбенти: глини різних видів, діатомітові породи, пісок, цеоліти, туфи, пемза, які використовують для засипки невеликих розливів нафти і нафтопродуктів. Недоліки визначаються екологічними критеріями. Неорганічні сорбенти мають дуже низьку ємність (70-150 % по нафті і не утримують легкі фракції типу бензину, гасу, дизельного палива). При ліквідації розливів нафти на воді вони тонуть разом з нафтою, не вирішуючи проблеми очищення води від забруднень. Практичними методами утилізації цих сорбентів є їх промивка екстрагентами або водою з ПАР, а також випалювання.

Синтетичні матеріали виготовляють з поліпропіленових волокон, які формуються в неткані рулонні матеріали різної товщини. Також використовують поліуретан в губчатому або гранульованому вигляді, формований поліетилен з полімерними наповнювачами та інші види пластиків.

Природні органічні і органомінеральні сорбенти є найбільш ефективними для ліквідації нафтових забруднень. Найпростішими є деревна тріска і тирса, модифікований торф, висушені зернопродукти, шерсть, макулатура. Одним з кращих природних сорбентів, порівнянних за своєю нефтоємністю з модифікованим торфом, є шерсть. Один кілограм вовни може поглинути до 8-10 кг нафти при цьому природна пружність вовни дозволяє віджати більшу частину легенив нафтових фракцій. Недоліком є те, що після кількох віджимань шерсть насичується бітумом і стає непридатною для подальшого використання. Також, висока ціна вовни, недостатнє її кількість і суворі вимоги до зберігання не дозволяють вважати її скільки перспективним сорбентом. Крім вовни ефективним сорбентом нафтопродуктів є відходи виробництва льону. Тому, перспективною є розробка технології одержання з льону нафтового сорбенту та активованого вугілля. Основною сировиною для виробництва нафтового сорбенту та активованого вугілля є багаття. На потреби будівництва (костропліти) і як паливо використовується близько 40 % цієї кількості.

Тирса також добре і швидко вбирає нафту і нафтопродукти, але ще краще вбирає вологу, тому необхідне просочення тирси після її глибокої сушки водовідштовхувальними засобами, наприклад, жирними кислотами. Утворене гідрофобне покриття забезпечує гарну якість нафтових сорбентів, але є досить недовговічним. Аналогічним чином йде справа і з торфом, який набагато перевершує за своєю потенційною сорбційною здатністю тирсу і навіть шерсть.

Застосування описаних вище сорбентів полягає в їх розсвів вручну, механічними або пневматичними пристроями над забрудненою поверхнею і наступному зборі конгломерату з просоченого нафтою сорбенту. Витяг нафти з сорбентів може бути вироблено компресійними методами (віджимання на фільтр-пресах в центрифугах) або термічними методами (відгонка летючих фракцій нафти шляхом нагрівання сорбентів без доступу повітря до 250-300°C). Ступінь вилучення нафти з сорбентів визначається якістю нафти, а саме вмістом у ній маловязких і легких фракцій. Компресійні методи є більш дешевими, але при їх використанні порушується структура сорбентів і їх ємність, при подальшому використанні забезпечується більша кратність регенерації сорбентів. Дані методи можна використовувати лише з урахуванням термостійкості сорбуючого матеріалу. Відпрацьований сорбент зазвичай просто вивозять на сміттєзвалища, де це дозволено. Його можна також формувати в паливні брикети або використовувати як

смолисті добавки в асфальтові суміші або покрівельні матеріали. Використовувати в якості палива допустимо тільки органомінеральні сорбенти з природних матеріалів з низькою зольністю. Спалювання відпрацьованих синтетичних сорбентів внаслідок виділення токсичних речовин тільки за високих температур. Новим рішенням у цій галузі є безреагентна фізико-хімічна обробка природничих матеріалів (торф, тирса, відходи переробки сільськогосподарських продуктів) (табл. 1) з отриманням нафтових сорбентів.

Таблиця 1.

Характеристики різних нафтових сорбентів

Марка сорбенту	<u>Пітсорб</u>	<u>Турбоджет</u>	БТК-1	НМП-3
Основа сорбента	Торф	Торф	Торф	Тканина, просочена реагентом
Зовнішній вигляд	Крихта	Крихта	Крихта	Мат
Щільність, г/см ³	0,16	0,11	0,06	-
<u>Нафтоємність</u> , г/г	4	3,6	11	10
<u>Нафтоємність при 4 °С</u> , г/г	1,6	3,6	10	9,4
<u>Водопоглинання</u> , г/г	1,64	2,03	5,21	0,15
Токсичність	Нешкідливий	Нешкідливий	Нешкідливий	Нешкідливий
Вартість, кг/дол.	7	5,8	7	-
Спосіб утилізації	Спалювання, захоронення	Спалювання при 365 °С	Спалювання	Регенерація, спалювання
Упаковка	Мішок (22 кг)	Мішок (30 кг)	Мішок (15 кг)	Рулон (10-15 кг)
Країна-виробник	Канада	Франція	Україна	Росія

Відпрацьований сорбент зазвичай просто вивозять на сміттєзвалища, де це дозволено. Його можна також формувати в паливні брикети або використовувати як смолистих добавок в асфальтові суміші або покрівельні матеріали. Використовувати в якості палива допустимо тільки органомінеральні сорбенти з природних матеріалів з низькою зольністю. Спалювання відпрацьованих синтетичних сорбентів внаслідок виділення токсичних речовин допустимо тільки при високих температурах.

Для виробництва нафтових сорбентів найбільш вигідними є природна органічна сировина і відходи виробництва рослинного походження. Вони є органічною частиною існуючих екосистем. Тому, сорбенти на їх основі найбільшою мірою відповідають екологічним вимогам.

Можливими областями застосування вуглецевих сорбентів також є: дешеві одноразові сорбенти для процесів водопідготовки і очищення стічних вод від органічних речовин і нафтопродуктів середньої і високої молекулярної маси; носії для приготування нанесених сорбентів, в яких сорбуючий агент наноситься, зазвичай, у вигляді тонкої плівки на поверхню носіїв. Такі сорбенти перспективні для вилучення домішок і забруднень іонного характеру з розчинів, природних і стічних вод, рідких радіоактивних відходів, стоків гальванічних і електрохімічних виробництв, витягання і концентрування іонів важких і радіоактивних металів (наприклад, урану, цезію, миш'яку, хрому, марганцю, тронція, цирконію та ін.).

Серед перспективних неорганічних нафтових сорбентів представляють інтерес тонкодисперсні гідросилікати кальцію, отримані з відходів виробництв мінеральних

добрив - фосфогіпс і крем-негелева пил. Фосфогіпс ($\text{CaSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, де n дорівнює 0,5 або 2) утворюється при отриманні фосфорних добрив з апатитових концентратів. В якості домішок він містить сполуки фтору і фосфору. Мільйони тон практично неперероблюваного в даний час фосфогіпсу представляють екологічну.

Ці адсорбенти можуть успішно застосовуватися для очищення нафтовмісних стічних вод. Поверхня цього адсорбенту дозволяє сорбувати 1 г поглинача до 0,4 г нафти і нафтопродуктів. Адсорбенти мають низьку вартість, більшу сорбційну ємність, мають високу механічну міцність і легко регенеруються. Регенерація адсорбенту з сорбованих нафтою і нафтопродуктами може бути проведена шляхом його прожарювання. При цьому адсорбовані нафтопродукти виконують роль пального і служать додатковим джерелом енергії. Регенований адсорбент не змінює своїх фізико-хімічних властивостей після прожарювання і може застосовуватися в процесах очищення багаторазово (витримує 80-100 циклів). Виготовлений у вигляді гранул адсорбент забезпечує ступінь очищення від нафтопродуктів 99,0-99,5%.

Бібліографічний список

1. В.Д. Гладун, Н.Н. Андреева, Л.В. Акат'єва, О.Г. Драгіна. Неорганічні адсорбенти із техногенних відходів для очищення стічних вод промислових підприємств. Екологія і промисловість Росії, травень, 2000, с.17-20.
2. В.Ж. Аренс, О.М. Грідін. Ефективні сорбенти для ліквідації нафтових розливів. Екологія і промисловість Росії, лютий, 1997, с. 32-37.
3. Технічний текстиль, 2003, №3, с.15.
4. М.Б. Щепакін, Г.І. Гафаров, Г.М.Мишулін, І.Х. Ісрафілов. Еколого-технологічний комплекс для очистки гідросфери від нафти і нафтопродуктів.

УДК 622.35

А.В. Лаврук, магістрант, В.О. Шлапак, старший викладач, С.В. Кальчук, к.т.н., доцент (Житомирський державний технологічний університет)

ФАКТОРИ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ЯКІСТЬ ПАСИРУВАННЯ КАМЕНЮ ШПУРОВИМИ МЕТОДАМИ

Розглянута модель формування напружень при пасируванні каменю шпуровими методами. Наведено результати досліджень залежності якості відколу каменю при пасирування від товщини відокремлюваного шару блоку.

The model stresses the formation of splitting stone using hole methods was considered. The results of research as a cleavage depending on the stone splitting of the separated layer thickness of the block.

Вступ. Пасирування блоків каменю в кар'єрі є невід'ємною частиною процесу видобування та приведення товарного блоку до вимог за його геометричною формою та розмірами. Шпуровий спосіб пасирування блоків в кар'єрі на сьогоднішній день знайшов своє широке використання поруч з алмазно-канатним способом. Але не дивлячись на його низьку вартість, простоту та універсальність ефективно застосування його залежить від необхідних обсягів робіт параметрів пасированої грані. З метою збереження каменю та прагнення мінімізувати обсяги втрат відокремлюють максимально тонкий шар каменю, що у багатьох випадках призводить до сколювання не за наміченою площиною відколу.

Актуальність дослідження. Питаннями ефективності відокремлення каменю методами шпурового відколу каменю на кар'єрах займалися такі вчені, як Бакка М.Т.,

Карасьов Ю.Г. [1], Ткачук К.К. [2] та Синельников О.Б [3]. Усі існуючі інженерні розрахунки параметрів пасирування блоків каменю базуються на емпіричних залежностях процесів відколу при відокремленні моноліту від масиву та розділенні його на товарні блоки [4]. Процес пасирування блоків каменю хоча і можна віднести до процесу направлено руйнування по магістральним тріщинам, однак головна особливість полягає в тому, що відокремленню підлягає відносно тонкий шар каменю. Дане обмеження обумовлює врахування максимально можливої висоти блоку при якому забезпечується якісний відкол та мінімальної товщини шару відокремлення. Ефективне застосування цих параметрів обмежується відсутністю відповідних досліджень і є в даний час досить актуальним.

Виклад основного матеріалу. Як показує практика, причиною діагонального відколу пасированої грані каменю є надмірні зусилля відколу, що діють в шпурі при відносно малих значеннях товщини відокремлюваної грані та відносно великій висоті товарного блоку. При початку росту тріщини від устя шпура, значення зусиль в шпурі, товщини відокремлюваного шару та висоти блоку не мають великого значення на вплив діагонального сколу, однак, як показує практика більшість сколів відбувається коли магістральна тріщина поширюється на 30% і більше висоти блоку. Ймовірність діагонального сколу значно зростає зі збільшенням довжини відокремленого тріщиною шару каменю. В такому випадку на вістрі тріщини починають діяти сили, які діють на місці закріплення консольної балки навантаженої на вільному кінці. Процес руйнування каменю по магістральним тріщинам з деякими спрощеннями можна розглядати як задачу росту тріщини в середовищі при дії зусиль розтягу (рис.1):

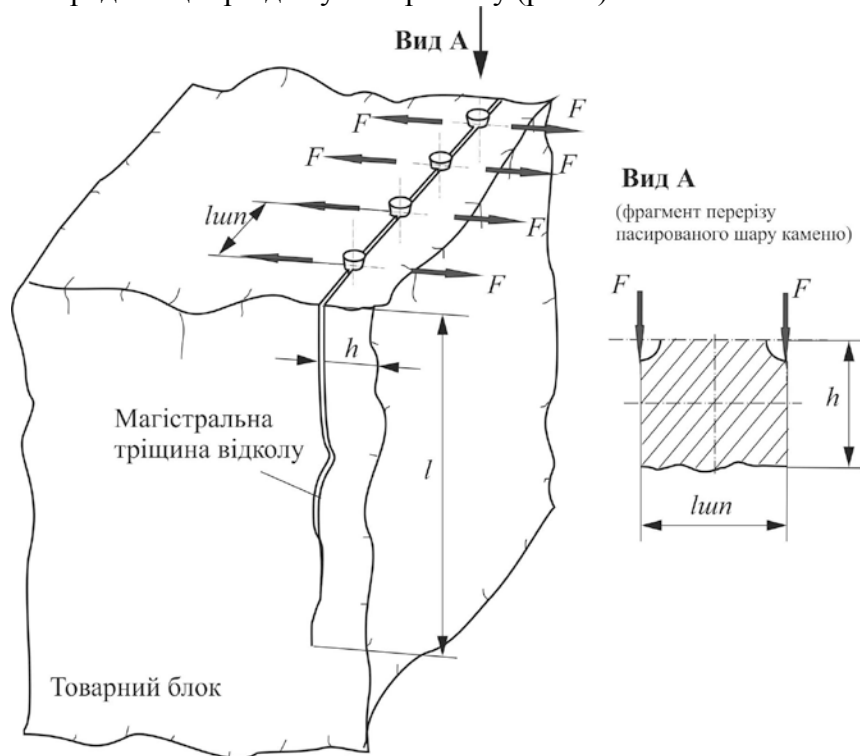


Рис 1. Схема дії сил при пасируванні нерівної грані кам'яного блоку шпуровими методами

Частково відокремлений шар каменю при пасируванні можна з деякими припущеннями та спрощеннями прийняти як консольну балку, яка має закріплення біля вістря тріщини [5]. Біля кожного пробуреного шпура вважатимемо, що діють однакові сили розпору F і за принципом паралельних перерізів розглянемо тільки частину

консольної балки цього шару з перерізом величиною l_{um} (відстань між шпурами) та h (товщина шару, що підлягає пасируванню).

Таким чином напруження вигину, які діють біля вістря тріщини при пасируванні прагнуть змінити напрям росту тріщини з виходом її на поверхню та утворенням заколу, визначаються як напруження в консольній балці навантаженій силою на один її кінець:

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W} \quad (1)$$

де M_{max} – максимальний момент, що діє на вістрі магістральної тріщини відколу та створює передумови для руйнування каменю з утворенням заколу, $M=l \cdot F$, Нм;

l – довжина тріщини (консолі), м;

W – момент опору перерізу зразка на вигин, Нм.

$$W = \frac{l_{шт} \cdot h^2}{6} \quad (2)$$

Підставляючи (2) в вираз (1) одержуємо:

$$\sigma = \frac{6 \cdot l \cdot F}{l_{шт} \cdot h^2} \quad (3)$$

Таким чином знаючи критичні напруження, розпірне зусилля відколу, відстань між шпурами та висоту моноліту можливо визначити мінімальні значення товщини відокремлюваного шару породи при пасируванні блоку каменю:

$$h = \sqrt{\frac{6 \cdot l \cdot F}{l_{шт} \cdot \sigma_{роз}}} \quad (4)$$

У випадку використання динамічних та субдинамічних методів пасирування блоків необхідним є обґрунтування діапазону можливих швидкостей навантаження при відколі, що забезпечать високу якість товарного блоку.

Висновки: Процес пасирування блоків до цього часу базувався виключно на емпіричних даних частоти діагональних сколів каменю без врахування фізико-технічних його властивостей та параметрів відокремлення. Однак, якщо встановити значення напружень які виникають на вістрі тріщини то приходимо до висновку, що можливим є обґрунтування ефективних параметрів відколу (товщини видаляемого шару порід) та максимальної висоти блоку на якому доцільно буде проведення руйнування каменю. Встановлено, що якісний відкол каменю при пасируванні забезпечується дотриманням певних мінімальних значень товщини відокремлюваного шару які залежать від параметрів стрічки шпурів та зусиль, що в них діють (4). Крім того, проведення додаткових дослідження при пасируванні блоків різної висоти дозволить обґрунтувати співвідношення товщини відокремлюваного шару, параметрів стрічки шпурів та висоти товарного блоку.

Бібліографічний список

1. Бакка Н.Т., Карасев Ю.Г. Природный камень. Добыча блочного и стенового камня – С-Пб. : Санкт-Петербургский горный институт, 1997. – С 74–81.

2. Ткачук К.К., Гребенюк Т.В. Откол каменных блоков с помощью статической нагрузки // Проблемы недропользования. Международный форум – конкурс молодых ученых. Сборник научных трудов. Часть 1. Санкт-Петербург 2012. – С 82 – 85.

3. Синельников О.Б. Добыча природного облицовочного камня / О.Б. Синельников. – М. : РАСХН, 2005. – С 93–108.

4. Ткачук К. Н. Методика визначення технологічних параметрів видобутку гранітних блоків невибуховими методами / К. Н. Ткачук, О. І. Фоменко // Сб. науч. трудов НИГРИ. –2009. – С. 112–117.

5. Лаврук А.В., Кальчук С.В., Жуков С.О. Обґрунтування раціональних параметрів шпурових методів пасирування блоків в кар'єрі // Всеукраїнська науково-практична конференція «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів». Збірник тез. Житомир 2014. – С 61 – 62.

Щученко М.Ю., студ., Шевчук Н.А., к.т.н. доц. (НТУУ «КПІ», ІЕЕ)

СУЧАСНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ СТАН ВИРОБНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ

Наслідки світової економічної кризи завдали великих збитків багатьом промисловим країнам світу. До таких країн можна віднести і Україну. Переважно схід нашої країни під час IV кварталу 2008 року опинився в не стабільній фінансовій ситуації. З того моменту і до сьогодні не всім підприємствам сходу вдається вийти на 100 відсоткове виробництво продукції. Саме вихід на повне виробництво всіх шахт, кар'єрів та заводів є основною проблемою державного рівня. Останні події в нашій країні, завдали неабиякий відтінок на промисловість, яка повільно виходить із стану світової кризи. Початок 2014 року для промислового виробництва, став чи не однаковим із кінцем 2008 року.

У період фінансово - економічної кризи (з 2007 по 2010 р.) Україна, знизилася рівень виробництва, що суттєво вплинуло на макроекономічні показники. Такі як: ВВП, рівень безробіття та рівень інфляції, стан гривні, політичну нестабільність тощо. Але найбільший вплив, світової кризи зазнали підприємства, вони були вимушені зменшувати виробництво, що негативно відобразилось на фінансовій ситуації підприємства і навіть країни. Зменшення виробництва призвело до порушення зв'язків між двома державними системами: фінансової та економічної. Порушення зв'язків між двома державними системами пояснюється зростанням державної заборгованості, не регулярним доходом з бюджету, не раціональним використанням бюджетних витрат та неоптимальним рівнем податкових платежів. Крім того, поширення негативної тенденції у світовій економіці, призвело до падіння цін на світових товарних ринках, яке негативно вплинуло на становище реального сектору економіки в Україні. Виросла державна заборгованість в окремих галузях перед іноземними компаніями та потягнула за собою відставання виробничої галузі економіки. Головною рисою сучасної економіки України є залежність паливно-енергетичного комплексу від Росії.

Для прискорення розвитку та стабілізації економіки в Україні як мінімум необхідно, збільшити темпи інтенсифікації процесів відтворення та оновлення в 2,5-3 рази. Це можливо вирішити при вирішенні: виробничих, економічних, науково-технічних, соціальних та екологічних проблем. Виявлення аналізу всіх проблем у цих галузях дозволить вірно формулювати цілі економічного та соціального розвитку, забезпечувати створення ефективних систем управління. За своєю формою розвиток економічних систем проявляє об'єктивний характер, щодо економічних законів та закономірностей управління. Сучасна економічна криза є невід'ємною складовою кризи утвореного світового устрою, між цивілізаційних взаємодій та західної цивілізації. Сучасні інститути та управління економічного регулювання мають бути не лише економіко-політичними, а й

екологічними, духовними, міжцивілізаційними. Підтвердженням цього, є факти фінансової кризи в Україні, що стала результатом світової економічної кризи. Українська фінансова криза була посилена політичною ситуацією та кризою споживчого кредитування. Щоб уникнути дефолту, ми звернулася по допомогу до МВФ та отримали кредит в 16,4 мільярд дол., при обсязі золотовалютних резервів в 32 мільярд дол. Скорочення сировинних доходів, різкий обвал виробництва галузей промисловості стратегічного значення, масове безробіття, відсутність соціальних гарантій, зменшення цін на ринку нерухомості, та скорочення можливостей доходів регіонів призвело до девальвація національної валюти .

Під час економічної кризи спостерігався спад виробництва, що став основою української політики, як пріоритет на виживання, а не розвитку. Пропозиції для впровадження інновацій на підприємствах стикаються з проблемами забезпечення інноваційних процесів необхідним обсягом ресурсів. Більшість вітчизняних підприємств орієнтується на старі технології, які не дають належного розвитку та конкурентоспроможності національної промисловості. Активність інноваційної діяльності підприємств забезпечення розвитку та інноваційної політики. Для інноваційної політики першочерговими завданнями є:

1. Вибір правильних стратегій на розвиток інноваційної сфери з реалізацією в промислових галузях нових технологій, проектів, які мають вплив на ефективне виробництво та конкурентоспроможності продукції;

2. Керування дій влади з метою розробки комплексного підходу до рішення задач інноваційного розвитку;

3. Зосередження основних засобів та ресурсів у напрямках розвитку інноваційної сфери з метою підвищення попиту промислового виробництва на науково-технічні досягнення, залучення вільного капіталу до фінансування проектів технологічного переозброєння промисловості;

4. Розвиток виробничо-технологічного потенціалу;

5. Створення в держав системи міжнародної сертифікації.

Виконання та впровадження наукових розробок стало результатом роботи вчених. Незважаючи на сучасні економічні проблеми, кількість за останні роки збільшилась на 25 % і тепер спрямована на створення нових видів технологій. Інноваційну діяльність в Україні здійснюють лише 18 % підприємств . Частіше нововведення впроваджуються на великих підприємствах з числом працюючих до 5 тис. чоловік. Інноваційно-активними галузями України є такі галузі, як: медична, мікробіологічна, хімічна, нафтохімічна та гірничодобувна промисловість, металургія, легка промисловість, машинобудування й металообробка. Активність цих галузей характеризується: витратами, пов'язаними з нововведенням, відсутністю фінансування, відсутність коштів у замовника, високими кредитними ставки , недосконалістю законодавчих баз, труднощі із сировиною, великий економічний ризик , невеликий попит на нову продукцію.

Проведений аналіз показав специфіку національної економічної кризи та визначив вплив на не розвинути внутрішній ринок, через внутрішній борг з низьким рівнем науково-технологічної. Але за умови формування ефективної антикризової державної політики, спрямованої у напрямі модернізації, із застосуванням інноваційних моделей та використання значного внутрішнього потенціалу можна говорити буде про створення стабільної економічної системи. Саме сьогодні потрібно відділити економіку від влади та створити умови для праці вчених. Вдосконалювання правого забезпечення інновацій та створення умов для реалізації інноваційних ідей потребує створення інноваційної політики. Принципові пропозиції для вирішення виходу української промисловості з фінансової кризи, треба приймати сьогодні, взявши до уваги найкращі проекти вчених. На мою думку потрібно підіймати підприємства, втілюючи нові проекти вчених. При цьому виділяти державні кошти на їх реалізацію, з умовою повернення коштів через деякий час.

Бібліографічний список

1. Геец В. Макроэкономическая оценка денежно-кредитной и валютно-курсовой политики Украины до и во время финансового кризиса / В. Геец // Экономика Украины. – 2009. – № 2. – С. 5–24.
2. Никипелов А. Стратегия и тактика денежно-кредитной политики в условиях мирового экономического кризиса / А. Никипелов, М. Головин // Вопросы экономики. – 2010. – № 1. – С. 4–20.
3. Пороховский О.А. Економічна криза як рубіж сучасного світового і національного розвитку / О.А. Пороховский // Економічна теорія. – 2009. – № 1. – С. 5–14.
4. Гаврилова О.А., Фріцберг М.В., Чередниченко В.І. Сучасний стан та проблеми розвитку інноваційної активності підприємств в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/nppdaa/2011/01/060.pdf>
5. Гросул В.А. Проблеми інноваційної діяльності в Україні / В.А. Гросул // Бюлетень Міжнародного Нобелівського економічного форуму. – 2010. – № 1 (3). – Т. 1. – С. 76–82.

Вацук В.З., Київський технічний університет України «Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

МЕХАНІЧНИЙ СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД НАФТОПРОДУКТІВ

*Проаналізовано механічний метод очищення стічних вод від нафтопродуктів.
Проанализирован механический метод очистки сточных вод от нефтепродуктов.
The analysis method of mechanical wastewater from oil.*

Найширше поширеними забруднювачами стічних вод є нафтопродукти – неідентифікована група вуглеводнів нафти, мазуту, гасу, олій та їхніх домішок. Нафтопродукти містяться у розчинах в емульгованому, розчиненому вигляді й утворювати на поверхні плаваючий шар.

Принципи вирішення основних питань захисту довкілля: форма і цього річці масштаби людської діяльності повинні бути зрівняні з запасами невідновлюваних природних ресурсів; неминучі відходи виробництва мають потрапляти в довкілля у вигляді концентратів, нешкідливих для життя.

Методи очищення стічних вод вибирають залежно від її виду: побутова, промислова і дощова.

Таблиця 1

Класифікація стічних вод

Стічні води	
Технологічні процеси, пов'язані із отриманням стічних вод	Дисперсний склад забруднювача
Вільна та зв'язана вода, яка міститься у сировині й вихідних продуктах	Нерозчинні домішки із часточками 10^{-5} - 10^{-4} метрів і більш
Промивна вода	Колоїдні розчини
Водні екстракти і <u>адсорбційні рідини</u>	Розчинені гази і молекулярно-розчинні органічні речовини
Охолоджувані рідини	Електроліти

Сучасні дослідження дають можливість робити висновки про розчинності різних нафтопродуктів на воді залежно від різних чинників.

При нетривалості контакті нафтопродуктів із водою без перемішування – кількість нафтопродуктів, які у воді, зі збільшенням часу зростає. Зі збільшенням контакту від 2 до 120 годин кількість нафти зростає від 0,2 до 1,4 мг/л, дизельного палива - від 0,2 до 0,8 мг/л, а розчинність бензинів залежить тільки від часу, а й від метилових і метиленових груп вуглеводнів, що входять до складу бензину. Для метилових і метиленових груп концентрація бензину А-95 у питній воді за контакту від 2 до 120 годин зростає зі 1,4 до 11,9 мг/л, а ароматичних вуглеводнів при тих же параметрах в бензині А-95 - від 2,6 до 34 мг/л.

На нафтотранспортних підприємствах збір стічних вод і їх очищення ведуть у залежність від нафтохімічних домішок. У таких стічних водах знаходяться нафта й нафтопродукти, котрі в подальшому можна використовувати в народному господарстві, після відокремлення води.

Маючи всі необхідні дані про використання стічних вод (докладну характеристику за вмістом домішок, і вимоги до очищеної воді) за схемою можна відібрати для перевірки кілька методів. Оптимальний метод очищення стічних вод вибирають з експериментальних досліджень з урахуванням техніко-економічних показників.

Вибір методу очищення стічних вод підприємств залежить від багатьох чинників пов'язаних з витратами стічних вод, економічною доцільністю їх очищення, екологічними вимогами, технічними можливостями тощо.

Очищення нафтовмісних стічних вод має забезпечити:

- максимальне вилучення цінних домішок і використання їх за призначенням;
- застосування очищених стічних вод в технічних процесах;
- мінімальне скидання стічних вод у водойму.

Задля чистоти стічних вод використовують очисні споруди трьох основних типів: локальні, загальні та районні чи міські.

Механічне, фізико-хімічне і біологічне очищення стічних вод здійснюється на очисних спорудах районного або міського типу. Ці очисні споруди забезпечують нормальний ритм роботи каналізації і очисних споруд, по яких протікають виробничі стічні води.

З механічних практичного значення мають відстоювання, центрифугування і фільтрування; з фізико-механічних – флоатція, коагуляція і сорбція; з хімічних – хлорування і озонування.

Механічне очищення стічних вод від нафтопродуктів застосовують переважно як попередню. Механічна очищення забезпечує видалення зважених речовин з побутових стічних вод на 60-65%, та з деяких виробництв – на 90-95%. Завдання механічного очищення полягає у підготовці води до фізико-хімічного і біологічного очищення. Механічне очищення стічних вод в певній мірі є найдешевшим методом їх очищення, тож завжди доцільне найбільш глибоке очищення стічних вод механічними методами.

Механічне очищення проводять виділенням зі стічних вод нерозчинних грубодисперсних домішок, шляхом проціджування, відстоювання і фільтрування.

Для затримання великих забруднень і лише частково зважених речовин застосовують проціджування води через різні ґрати та сита. Для виділення зі стічної води зважених речовин, які мають велику чи невелику щільність стосовно щільності води, використовують відстоювання. У цьому випадку важкі частки осідають, а легкі спливають.

Споруди, у яких при відстоюванні стічних вод випадають важкі частки, називаються пісколовками.

Споруди, у яких при відстоюванні забруднених промислових вод спливають легкі частки, називаються залежно від того, які спливають речовини: жироловками, маслоловками, нафтоловушками та інші.

Фільтрування – затримання дрібніших частинок. У фільтрах використовують фільтрувальні матеріали такі, як тканини (сітки), шар зернистого матеріалу чи хімічних матеріалів, що мають певну пористість. Під час проходження стічних вод через фільтруючий матеріал з його поверхні чи в поровому просторі затримується виділені зі стічної води домішки.

Механічне очищення як метод застосовують тоді, коли освітлена вода. Після цього способу очищення воду можна використовувати в технологічних процесах виробництва чи направлено в водойми без порушення їх екологічного стану. У інших випадках механічне очищення служить першим шаблоном очищення стічних вод.

Бібліографічний список

1. Роїв Г.А. Очисні споруди. Охорона навколишнього середовища - М.: Надра, 1993.
2. Родіонов А.І., Клушин В.П., Торочешніков І.С. Техніка захисту довкілля. Підручник для вузів - М.: Хімія, 1989.
3. Очищення виробничих стічних вод мовби: навчальних посібників для вузів/ Під ред. Яковлева С.В. – М: Стройіздат, 1985.
4. Захаров С.Л. Очищення стічних вод нафтобаз // Екологія і промисловість Росії. - 2002. - січень 3. 35-37

УДК 622.35

А.О. Лисицька, магістрант, С.В. Кальчук, к.т.н., доц. (Житомирський державний технологічний університет)

ОБГРУНТУВАННЯ НАПРЯМУ РОЗВИТКУ ГІРНИЧИХ РОБІТ НА КАРЄРАХ БЛОЧНОГО КАМЕНЮ В УМОВАХ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ МАСИВУ

З використанням методів кінцевих елементів досліджено розподіл полів напружень навколо гірничих виробок кар'єру блочного каменю.

Using the finite element method explored distribution of stress fields around the mine workings career block of stone.

Вступ. Для ефективної роботи кар'єру блочного каменю необхідною умовою є збереження природної монолітності і цілісності видобутих окремоостей. Оскільки значну роль у процесі видобування блочного облицювального каменю відіграє напружений стан масиву, то параметри розробки напряму залежать від розподілу полів напружень.

Актуальність дослідження. При розробці блочних родовищ корисних копалин на відносно невеликій глибині розробки інколи виявляється незвичайно високий «аномальний» гірський тиск. Він проявляється у вигляді активного розтріскування, «стріляння» породи, гірських ударів та прояву тріщин. В таких випадках встановлюється незвичайний напружений стан. Найбільшими є горизонтальні напруження, які за величиною в декілька разів (інколи в 10 – 20) перевищують найбільші веретикальні напруження [1]. Всебічне вивчення властивостей природного напруженого стану гірського масиву, відкриває можливість науково обгрунтованого рішення таких задач, як розробка методів управління станом масиву. Високі темпи розвитку гірничодобувної промисловості, удосконалення технології ведення гірничих робіт вимагають глибокого обгрунтування наукових досліджень з вивчення природного напруженого стану гірського

масиву. В сукупності рішення цих задач має забезпечувати ефективну технологію ведення гірничих робіт і їх безпечність.

Виклад основного матеріалу.

Відкрита гірнича виробка (блочний кар'єр), в тектонічно напруженому масиві створює перерозподіл полів напружень з концентрацією в певних частинах родовища, що потребує врахування при розвитку гірничих робіт.

Точно дати математичний опис процесу формування напружень навколо виробок блочного кар'єру не є можливим, але завдяки методам кінцевих елементів та з використанням відповідних програмних продуктів можливо дослідити умови, при яких розвиток гірничих робіт буде забезпечувати утворення зон з мінімальними руйнівними концентраціями напружень [2].

Для побудови моделі виробки на основі методу кінцевих елементів застосовуються такі властивості порід: пружні властивості гірських порід, що характеризуються модулем пружності E при одновісному напруженому стані (модуль поздовжньої пружності - модуль Юнга), модуль зрушення G , модуль об'ємної пружності K і коефіцієнт поперечних деформацій ν (коефіцієнтом Пуассона) [3].

Програмне забезпечення, що використовується призначене для швидкого та простого аналізу параметричних досліджень впливу геометрії та мінливості загального напруження в масивах гірських порід та гірничих виробок.

Розріз являє собою графічне зображення на вертикальній площині будови родовища. Розглянуто розрізи двох варіантів розвитку гірничих робіт при таких вихідних умовах: глибина виробки дорівнює 30 м, висота уступу становить 10 м. На рис.1 зображено розподілення напружень, що збільшуються з глибиною. Напруження на дні виробки становлять 15 МПа, а бічні (горизонтальні) напруження сягають 3,5 МПа. Загальною тенденцією є рост напружень з глибиною виробки.

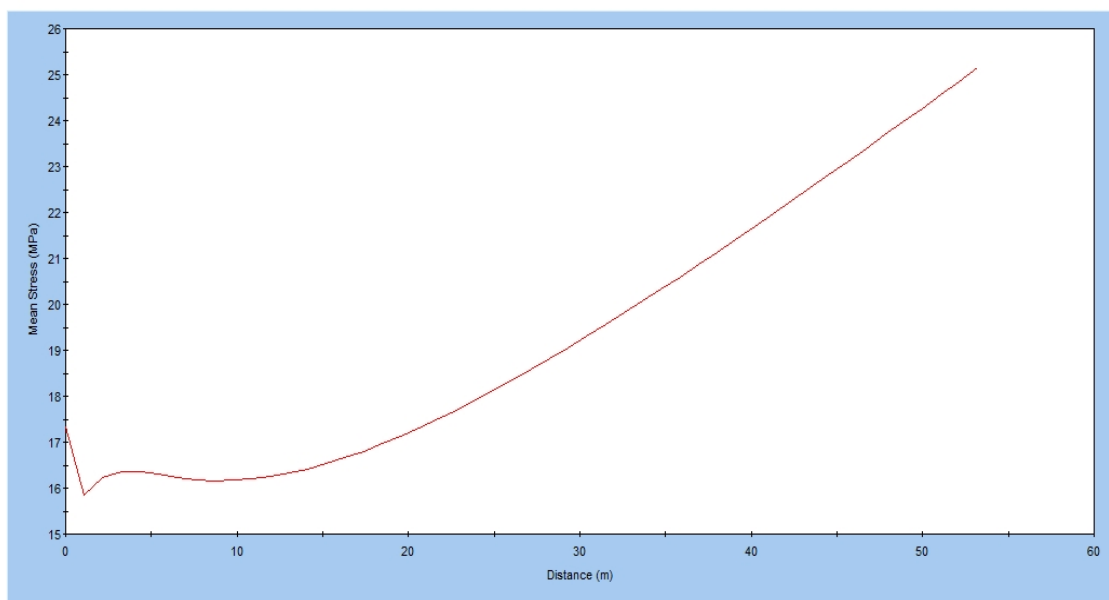


Рис.1. Графік росту напружень з глибиною

Для першого варіанту розглянемо напрямок розвитку гірничих робіт на поглиблення, що є характерним для більшості кар'єрів при створенні нових горизонтів розробки.

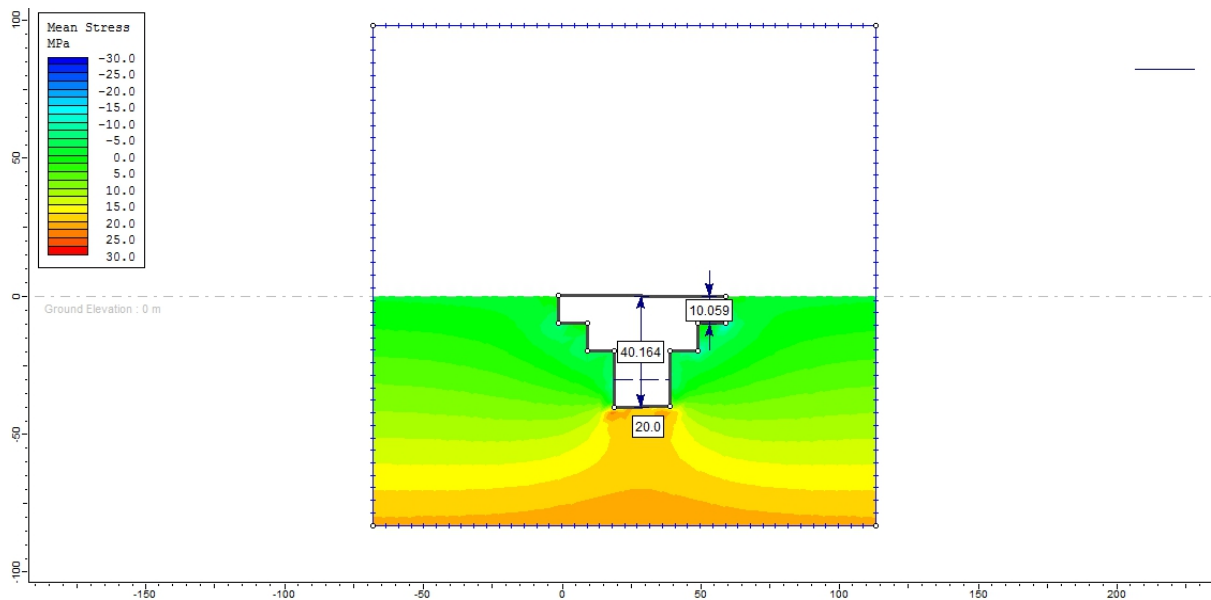


Рис. 2 Модель розвитку робіт на глибину

На рис. 2 зображена модель розвитку гірничих робіт з глибиною. Чітко спостерігається збільшення напружень біля дна кар'єру від 15 МПа до 20 МПа. Наслідком нового напружено – деформованого стану, утвореного після проведення виробки, є механічні процеси, пов'язані з втратою тривкої здатності оточуючих порід. Це свідчить про збільшення напружень в масиві блочного каменю, що може призвести до утворення додаткових тріщин, замикання технологічних щілин та затискання інструменту.

Для другого варіанту розглянуто розвиток гірничих робіт вздовж горизонту.

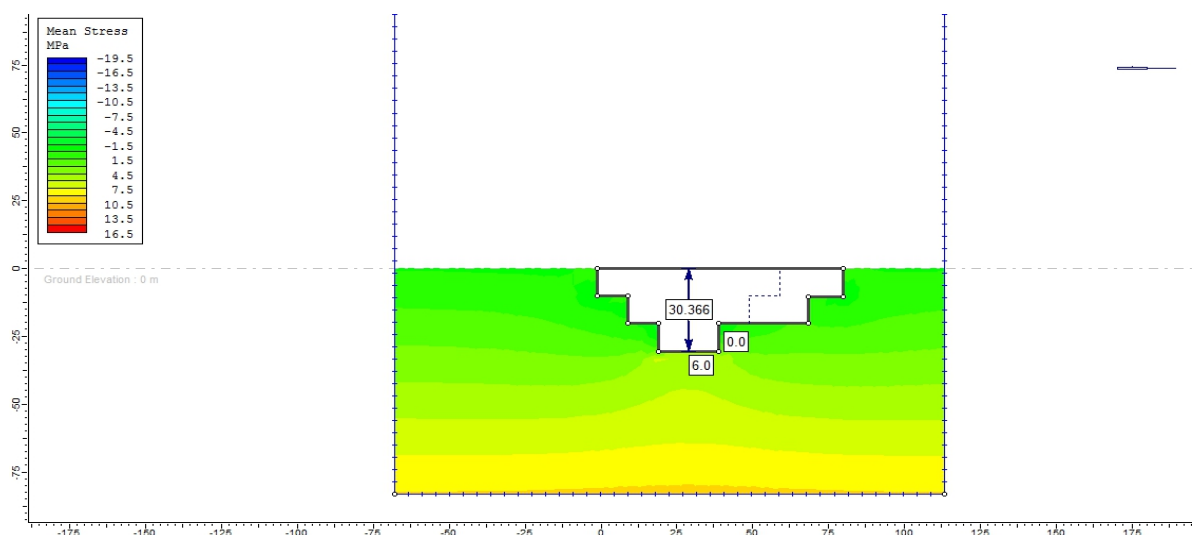


Рис. 3 Модель розвитку робіт в горизонтальному напрямі (плані)

На рис. 3 зображено розподілення напружень у випадку відпрацювання масиву блочного каменю за другим варіантом. Спостерігається спад напруження від 15 МПа до 6 МПа. Порівняно з першим, другий варіант є ефективним відносно зниження гірського тиску в місці, де здійснюється розробка родовища, шляхом попереднього розвантаження від високих напружень.

Висновки: Для досліджень впливу напряму розвитку гірничих робіт в напружено-деформованих масивах блочного каменю ефективним є використання методу кінцевих елементів. На основі порівняння варіантів розвитку гірничих робіт в плані та з глибиною встановлено, що найбільш прийнятним напрямом розвитку робіт є горизонтальний, оскільки в такому випадку не створюється поле руйнівних напружень біля підшви уступу. Проведення виробок на нові горизонти завжди будуть супроводжуватися наведенням руйнівних полів напружень на глибину, тому роботи на заглиблення доцільно буде проводити поступово з дотриманням оптимальних співвідношень глибини виробки та її ширини.

Бібліографічний список

1. Казинаев Д.М. Исследование особенностей геомеханических процессов при разработке месторождений в тектонически напряженных массивах / Д.М. Казинаев, А.М. Григорьев // Проблемы механики горных пород : матер. VIII Всесоюзной конф. по геомеханике горных пород. – М. : Наука, 1987. – С. 156–162.
2. Зерцалов М.Г. Механика скальных грунтов и массивов / М.Г. Зерцалов. – М. : Юриспруденция, 2003. – 183 с.
3. Шаманская А.Т. Соотношение тектонических элементов с полями современных напряжений в горной Шории / А.Т. Шаманская, П.В. Егоров // Напряженное состояние земной коры. – М. : Наука, 1973. – С. 72–85.

УДК 624.1

Самедов А.М. д. т. н., проф., Ткач Д.В. аспірант, НТУУ «КПІ», г. Киев

ОЦІНКА МОДИФІКОВАНОГО ГРУНТОВОГО МАСИВУ НА ОСНОВІ ШЛАКУ ТА ВАПНА ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ТЕХНОЛОГІЇ ДВОФАЗНОГО ЗМІШУВАННЯ

Приведены результаты исследований для нового материала, который был создан в лабораторных условиях. Композит получил новые свойства, что позволяет применять его в основании подземного сооружения.

The research results are presented for the new material, which was created in the laboratory. The material has received the new properties that can be used in the base of the underground construction.

Метод глибинного змішування почав застосовуватись і досліджуватись в Індії та Японії з 1975 р. [1, 2, 3]. Основні роботи в цьому напрямку виконувалися зарубіжними вченими. Всі дослідження були спрямовані на вивчення закріплених ґрунтів стандартними цементними в'язучими [4, 5, 6]. Та мало приділялося уваги вивченню багатоконпонентного закріплення слабких ґрунтових масивів в декілька технологічних фаз.

В рамках дисертаційної роботи на першому етапі були виконані випробовування двох видів сумішей: текучого суглинку зі шлаком (склад наведено в таблиці 1) при додаванні активатора у вигляді гіпсу $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ та різному співвідношенні доданого шлаку, та суміші текучого суглинку з негашеним вапном. На другому етапі в стабілізований ґрунт додавався портландцемент та через 28 діб виконувались дослідження отриманого ґрунтового композиту. Шлак та вапно застосовувались у вигляді молотого порошку з питомою поверхнею $S=300-350 \text{ м}^2/\text{кг}$. Активатор $\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ додавався в кількості 2% від маси при застосуванні шлаку. Досліди виконувались для визначення впливу кількості доданого в'язучого на першому та другому етапах на міцнісні характеристики зразків, а також виявлення різниці між зразками, виконаних в

лабораторних та польових умовах, за допомогою спеціальної будівельної техніки, для визначення корегуючих параметрів.

Таблиця 1.

Оксид	FeO	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	MnO	CaO	Al ₂ O ₃	P ₂ O ₅	MgO
Відсоткове співвідношення	1%	9%	18%	1%	45%	5%	-	11%

Випробування ґрунтового матеріалу виконувались з використанням пристроїв на одновісне стискання та однопліщинний зріз. Використання декілька пристроїв дозволило провести комплекс випробувань при різних видах напружено-деформованих станів та траєкторіях навантаження.

Для даних експериментів були виконані декілька колон діаметром 650 мм і глибиною до 17 м в ґрунтовому масиві на дослідній ділянці будівельного майданчику. Для виконання колон закріпленого ґрунту використовувався буровий станок з гідравлічним приводом, зі спеціальним обладнанням для глибинного змішування. Детально характеристики ґрунтів дослідної ділянки представлені в таблиці 2.

Таблиця 2.

Намивний пісок дрібний, маловологий	
Природна вологість, W	0,1-0,36
Щільність ρ , кН/м ³	17
Щільність сухого ґрунту ρ_d , кН/м ³	15,5
Коефіцієнт пористості e	0,64
Модуль деформації E, МПа	20
Кут внутрішнього тертя ϕ , °	32
Питоме зчеплення C, кПа	2
Суглинок текучо-пластичний, водонасичений	
Природна вологість, W	0,31
Вологість на границі текучості, W _m	0,34
Вологість на границі розкатування, W _p	0,20
Число пластичності I _p	0,15
Показник текучості I _l	0,8
Щільність ρ , кН/м ³	18,2
Щільність сухого ґрунту ρ_d , кН/м ³	14,1
Коефіцієнт пористості e	0,86
Ступінь вологості S _r	0,96-1,0
Відносний вміст органічних речовин	0,04
Модуль деформації E, МПа	4
Кут внутрішнього тертя ϕ , °	13
Питоме зчеплення C, кПа	18
Пісок дрібний, водонасичений	
Природна вологість, W	0,134
Щільність ρ , кН/м ³	17,5
Щільність сухого ґрунту ρ_d , кН/м ³	15,8
Коефіцієнт пористості e	0,54
Ступінь вологості S _r	1,0
Модуль деформації E, МПа	20
Кут внутрішнього тертя ϕ , °	32
Питоме зчеплення C, кПа	2

В результаті досліджень отримали матеріал з якісно новими показниками міцності в порівнянні з характеристиками ґрунту в початковому стані. Всі показники міцності на декілька порядків вище початкових. Були виконані порівняльні графіки для даного матеріалу при різних компонентах стабілізатора а також умов виготовлення.

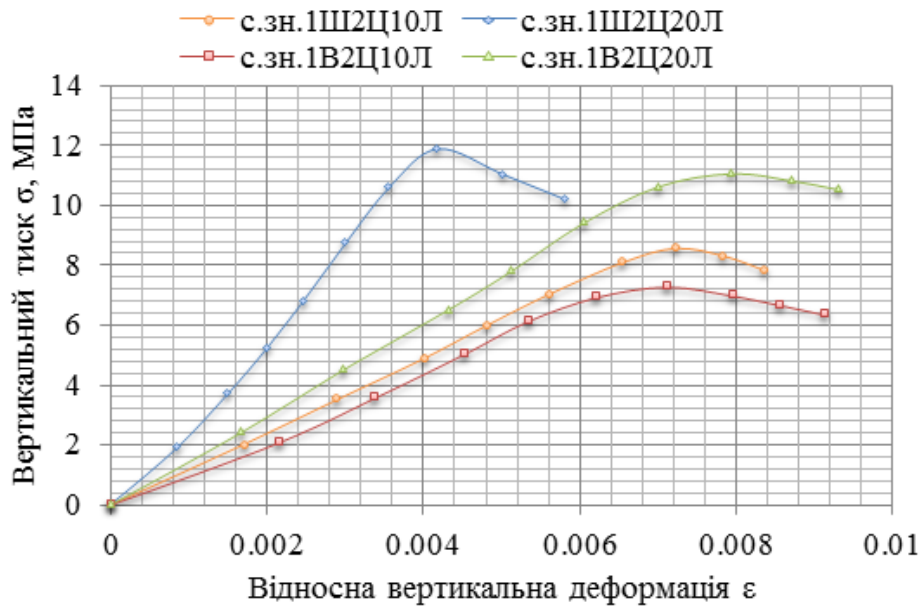


Рис. 1. Результати випробувань закріпленого ґрунтового матеріалу після двох фаз змішування в лабораторних умовах

З рисунку 1 видно що зразки, для закріплення яких застосовувався шлак та цемент (1Ш2Ц10Л та 1Ш2Ц20Л) мають більшу міцність на стискання та відповідно модулі пружності та модулі зсуву ніж зразки, в закріпленні яких застосовувалось вапно (1В2Ц10Л та 1В2Ц20Л).

Аналогічна тенденція спостерігається зі зразками, що виконані в польових умовах (рис. 2). Зразки для закріплення яких застосовувався шлак мають більш високі показники міцності ніж зразки з вмістом вапна. Це можна пояснити тим, що гідравлічно активний шлак має властивості більш схожі з цементом, тому матеріал в результаті стає більш жорсткішим. Але, при цьому, матеріал, для створення якого застосовувалось вапно, має більшу піддатливість що також не погано при впливі динамічних навантажень. Окрім цього збільшення вмісту цементу в другій фазі з 10% до 20% значно збільшує показники міцності не залежно від стабілізатора, що застосовувався на першій фазі.

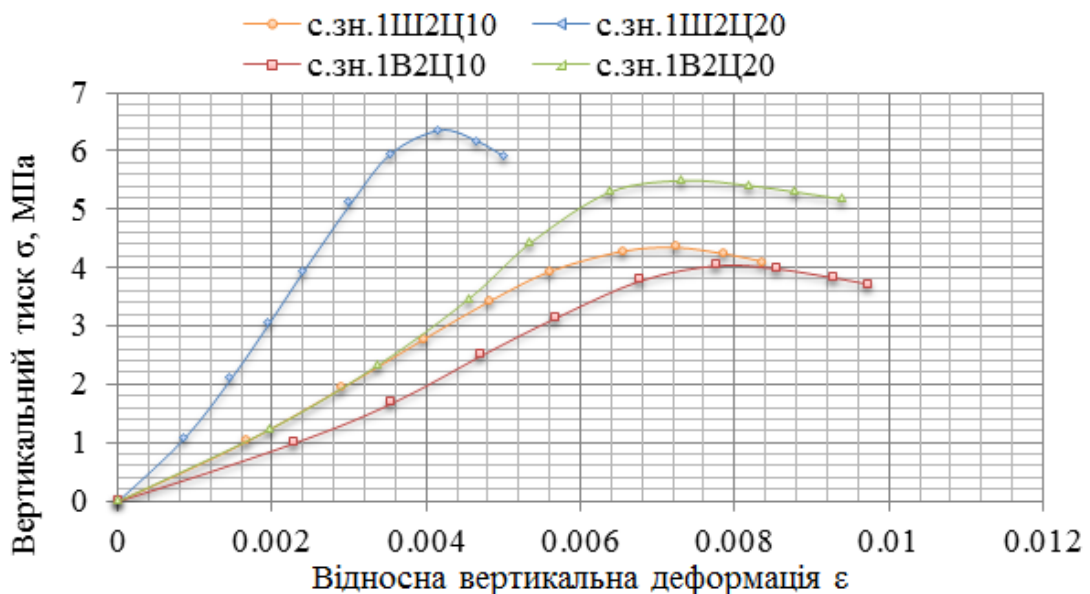


Рис. 2. Результати випробувань закріпленого ґрунтового матеріалу після двох фаз змішування в польових умовах

Треба відмітити той факт, що щільність отриманого композиту, для усіх видів сумішей, знаходиться в межах $16,7-18,9 \text{ кН/м}^3$, що вказує на той факт, що незакріплений ґрунт ущільнюється за рахунок введення додаткового об'єму речовин в загальній кількості 40% від об'єму закріпленого ґрунту. Модуль деформації для ґрунтового матеріалу становить близько 1860 МПа.

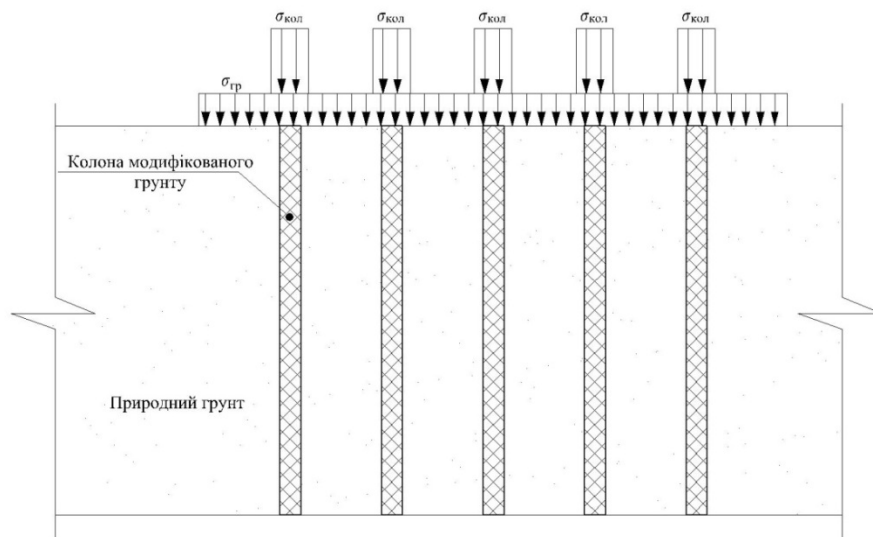


Рис. 3. Розрахункова схема геомасиву, що закріплений колонами модифікованого ґрунту

Незакріплений ґрунт може сприймати навантаження значно менші ніж колони з ґрунтового композиту. На рисунку 3 представлена розрахункова схема масиву, закріпленого колонами модифікованого ґрунту. Схема показує, як в реальних умовах буде розподілене навантаження на геомасив.

Нами були проведені розрахунки дослідної ділянки в програмному комплексі Plaxis. Спочатку провели розрахунки ділянки без закріплення, для визначення основних показників геомасиву під статичним навантаженням 250 кН/м^2 в комплексі з динамічним навантаженням з амплітудою 30 кН/м^2 і частотою 60 Гц, що відповідають навантаженню на фундамент підземної транспортної споруди.

Для розрахунку прийняли $d_{\text{кол}}=1 \text{ м}$, крок колон $L_c=2 \text{ м}$, ширина умовної фундаментної плити $B=10 \text{ м}$, товщина 0,5 м.

Армування масиву колонами модифікованого ґрунтового матеріалу дозволяють знизити вплив статичних і динамічних навантажень до мінімуму.

У випадку армованого масиву геотехнічна система працює якісно по іншому. При дії навантажень на незакріплений масив основні вертикальні переміщення відбуваються в найближчих шарах ґрунтів і сумарно становлять в нашому випадку 90 мм. А при створенні в масиві армуючих колон, за допомогою технології глибинного змішування, в переміщенні приймають участь всі шари через які проходять колони та, в комплексі з покращеними міцнісними характеристиками ґрунтового матеріалу колон, в геотехнічній системі відбуваються мінімальні сумарні переміщення, що становлять 4,8 мм.

У випадку з незакріпленим масивом виникають великі горизонтальні деформації, що свідчить про зсувні процеси в товщі слабких ґрунтів, що неприпустимо для підземних будівельних об'єктів (загальні горизонтальні переміщення становлять близько 50 мм). Але при застосуванні закріплення масиву колонами з ґрунтового матеріалу, горизонтальні переміщення зменшуються в багато раз та мають розподілений характер, в такому випадку сумарні горизонтальні деформації становлять 1,2 мм.

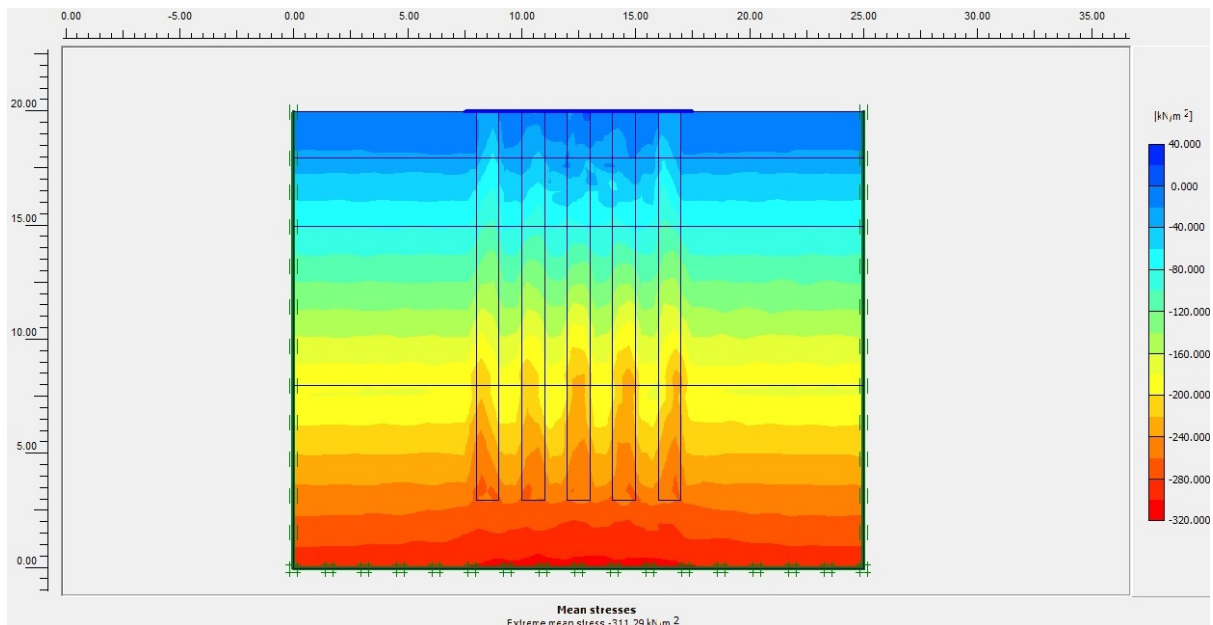


Рис. 4. Сумарні напруження в масиві без закріплення та з закріпленням

По рисунку 4 можна спостерігати, яким чином перерозподіляються напруження в закріпленому геомасиві, видно що колони сприймають більші напруження ніж оточуючий ґрунт, що дозволяє зняти частину напруження з оточуючих слабких ґрунтів.

З дослідів стало зрозуміло, що даний спосіб модифікації ґрунтового масиву є дуже ефективним, а зважаючи на економічну складову більш прийнятним ніж класичний спосіб будівництва на пальових фундаментах так як економічний ефект при використанні модифікації ґрунтового масиву шлаком та вапном є дуже значним.

Отже економічна ефективність використання технології глибинного змішування за двофазною схемою становить близько 30%.

Це означає, якщо для нашого транспортного тунелю необхідно влаштувати 5 паль (колон) на 1 п.м. то економічна ефективність на 1 п.м. при використанні двофазної технології глибинного змішування буде становити 33350 грн. (На 2013 рік) Що є суттєвим показником, якщо враховувати можливі обсяги робіт.

Бібліографічний список

1. Broms, B.B. and Boman, P. (1975), "Lime stabilized column", *Proc. 5th Asian Regional Conf.*, Bangalore, Indian Institute of Science, Vol. 1, 1975, pp. 227-234.
2. Okumura, T. and Terashi, M. (1975), "Deep lime mixing method of stabilization of marine clays", *Proc. 5th Asian Regional Conf.*, Bangalore, Indian Institute of Science, Vol. 1, 1975, pp. 69-75.
3. Nagaraj, T.S. (1996), "Prediction of strength development by cement admixture based on water content", *Proc. 2nd Int. Conf. on Ground Improvement Geo-systems, Grouting and Deep Mixing*, Tokyo, Vol. 1, 1996, pp. 431-436.
4. Kamaluddin, M. and Balasubramaniam, A.S. (1995), "Over consolidated behavior of cement treated soft clay", *Proc. 10 Asian Regional Conf. of Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Thailand, 1995, pp. 407-412.
5. Uddin, K., Balasubramaniam, A.S. and Bergado, D.T. (1997), "Engineering behavior of cement treated Bangkok soft clay", *Geotechnical Engineering Journal*, Vol. 28, no. 1, pp. 89-119.

6. Yin, J.H. and Lai, C.K. (1998), "Strength and Stiffness of Hong Kong Marine Deposits Mixed with Cement", *Geotechnical Engineering Journal*, Vol. 29, no. 1, pp. 29-44.

Шевчук Н.А., к.т.н., доцент ФММ НТУУ «КПІ», Магеровський І.Т., студ. ІЕЕ НТУУ «КПІ»

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ БУДІВНИЦТВА СВЕРДЛОВИН

Техніко - економічні показники застосовуються для планування та аналізу організації виробництва і праці, рівня техніки, якості продукції, використання основних і оборотних фондів, трудових ресурсів є основою при розробці техпромфінплану підприємства, встановлення прогресивних техніко-економічних норм і нормативів. Є техніко-економічні показники загальні (єдині) для всіх підприємств і галузей і специфічні, що відображають особливості окремих галузей. Техніко-економічний аналіз виконують економісти, інженерно-технічні працівники, робітники та органи управління за даними оперативної і періодичної звітності. Його метою є оцінка господарської діяльності, виявлення причинних взаємозв'язків і взаємодії різних факторів техніки та економіки, резервів виробництва, опрацювання заходів для раціоналізації використання ресурсів.[1]

Техніко-економічний аналіз - це, в основному, внутрішньогосподарський аналіз. У процесі такого аналізу досліджується діяльність усіх структурних підрозділів підприємства, служб, цехів, дільниць, бригад і окремих робочих місць. Джерелом інформації для такого аналізу є планово-нормативні дані, матеріали оперативного, бухгалтерського обліку, позаоблікові дані. Техніко-економічний аналіз проводиться щоденно, за декаду, місяць, квартал, рік до складання підсумкової звітності. На підставі результатів аналізу приймаються важливі управлінські рішення.

Нині роль техніко-економічного аналізу зросла, бо основні показники, що характеризують ефективність заходів для впровадження нової техніки, технології, організації виробництва, підприємства розраховують і планують самостійно. Звідси й випливає потреба в ретельному аналізі та обґрунтуванні техніко-економічних показників [2].

Аналіз основних техніко-економічних показників діяльності підприємства за останніх 3-5 років проводиться по: виробітку, обсягу реалізації, собівартості, вартості майна, вартості активів, вартості основного капіталу, чисельності працівників, чистому прибутку, фонду оплати праці. На основі наведених показників аналізується: фондоддача та фондомісткість, продуктивність праці, середня заробітна плата, показники рентабельності. Після розрахунків складаються висновки на основі отриманих результатів. На підприємстві основними показниками є рентабельність, товарооборотність [3].

Також основним техніко-економічним показником під час будівництва свердловин є показник обсягу робіт. Він відіграє досить велику роль. До натуральних показників належать: буріння в метрах, кількість свердловин розпочатих вежо-будуванням, кількість свердловин розпочатих бурінням, кількість свердловин закінчених бурінням, кількість свердловин закінчених будівництвом (випробовуванням), кількість свердловин зданих у експлуатацію, кількість випробуваних об'єктів у процесі буріння і після закінчення буріння. До вартісних показників належать: собівартість обсягу робіт по будівництву свердловин, кошторисна вартість обсягу робіт по будівництву свердловин [4].

Є показники, що характеризують тривалість будівництва свердловини, такі як: тривалість будівництва свердловини, у т. ч. по елементах циклу будівництва в днях, баланс календарного часу будівництва свердловини, в т. ч. по елементах циклу будівництва, в годинах: циклова швидкість, швидкість буріння, технічна швидкість, механічна та рейсова швидкості, в годинах на метр та ін. [5].

Проаналізувавши техніко-економічні показники під час буріння свердловин можна сказати, що бурові організації оснащуються сучасними буровими верстатами, обладнанням, інструментами і приладами. Для здійснення буріння свердловин розроблені технологічні процеси, що забезпечують будівництво свердловин глибинами 7-12 тис. м. Однак сучасні техніка і технологія в процесі буріння використовуються не всюди правильно, що іноді призводить до порушень нормального циклу буріння і виникненню аварій та ускладнень. Освоєння нових площ часто супроводжується ускладненнями, викликаними незнанням особливостей гірничо-геологічних умов цього регіону. Проблема запобігання аварій є актуальною. Вирішення її дозволило б заощадити значні кошти, скоротити час буріння свердловин, підвищити техніко-економічні показники. Необхідно пам'ятати, що від кваліфікованої роботи робітників у першу чергу залежить безаварійне буріння свердловин. В якості рекомендації пропоную проводити підвищення кваліфікації через кожні 2 роки. Це забезпечить в подальшому, безаварійну надійність та ефективність буріння нафтових свердловин.

Бібліографічний список

1. Методична вказівка до курсової роботи для студентів спеціальності "Буріння нафтових і газових свердловин". - ННІ, 1985.
2. А.Г. Шаповалов Аналіз виробничо-господарської діяльності бурового підприємства. - М.: Надра, 1984.
3. Матеріали, надані підприємством "Управління по різанні бічних стовбурів і капітального ремонту свердловин "ВАТ" Сургутнафтогаз".
4. Навчально-методичний посібник з оформлення студентських робіт. - УГНТУ, 2001.
5. <http://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%BD%>

УДК 621.941

Г.В. Романюк, магістрант, С.В. Кальчук, к.т.н., доцент (Житомирський державний технологічний університет)

ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМ ФРЕЗЕРУВАННЯ КАМЕНЮ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ АРХІТЕКТУРНИХ ДЕТАЛЕЙ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПК

Наведено результати досліджень ефективності схем обробки каменю на верстатах з ЧПК. Встановлено оптимальні профілі заготовок та найбільш економічні схеми обробки деталей з каменю.

The results of research on the efficiency of schemes stone processing on CNC machines. The optimal profiles of workpieces and most economical schemes for processing parts made of stone.

Вступ. Житомирська область має більшість запасів сировини природного декоративного каменю в Україні. Вироби з якого найбільш широко використовуються в будівельній промисловості. Якість каменю, який видобувається в Україні відповідає кращим світовим стандартам. Але актуальним питанням є підвищення продуктивності і якості готових виробів з каменю. Теоретичні питання обробки матеріалів з каменю дослідженні не достатньо повно. В наш час обробка кам'яних виробів виконується на 5-6 технологічних операціях, які супроводжуються великою кількістю переходів зі зміною інструменту і режимів обробки. Сучасне каменеобробне виробництво неможливе без максимально широкого використання верстатів з ЧПК [1].

Актуальність дослідження. Реалії використання верстатів з ЧПК в каменеобробному виробництві здійснюється в Україні без використання усього їх потенціалу, без врахування оптимальних схем та їх розрахунку за критерієм максимального економічного ефекту. Тому оптимізація технологічних операцій виготовлення архітектурних виробів з каменю на верстатах з числовим програмним керуванням є актуальною задачею для сучасних каменеобробних виробництв України.

Виклад основного матеріалу. Для виготовлення кам'яних архітектурних деталей тіл обертання застосовуються заготовки з квадратним, 8 – ми гранним та 16 – ти гранним поперечним профілем (Рис. 1)

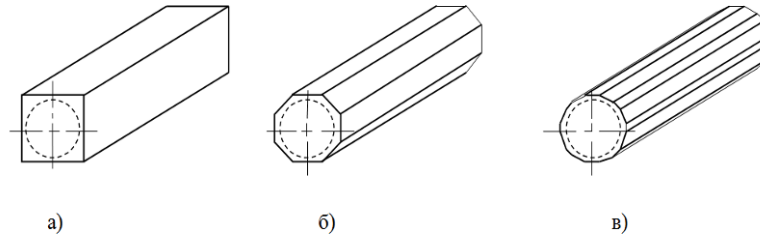


Рис. 1. Варіанти профілів заготовок при виготовленні деталей тіл обертання на верстатах з ЧПК.

а) квадратний профіль; б) 8 – ми гранний профіль; в) 16 – ти гранний профіль.

Застосування кожного з даних видів профілів заготовок має свої недоліки та переваги [2]. Менша кількість бічних граней заготовки обумовлює відповідно менші витрати на підготовку (вирізання) самої заготовки для подальшої обробки. Разом з тим, при подальшій обробці, зростають перевитрати на наступних операціях та витрати інструменту. На противагу заготовкам простого профілю (квадратного), заготовки 8 – ми та 16 – ти гранні мають менші припуски на подальшу обробку, однак потребують додаткової обробки з квадратного профілю, що пов'язано зі значними обсягами операцій з попереднього фрезерування.

На даний час в промисловості каменеобробки використовується кожна з цих схем. Але залишається відкритим питання оптимізації застосування кожної схеми обробки з позиції максимальної продуктивності та мінімальних витрат інструменту, води, електроенергії.

Стосовно процесів подальшого фрезерування до наближених форм та розмірів циліндричних деталей на практиці знайшли місце дві типові схеми виконання профільних різів: поперечні та поздовжні (Рис. 2)

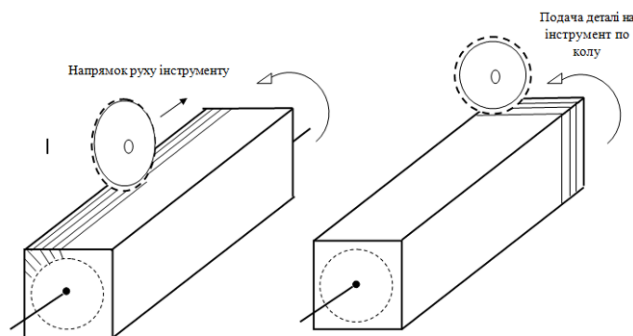


Рис. 2. Схеми обробки заготовок тіл обертання при профільному фрезеруванні на верстатах з ЧПК.

Кожна з зазначених схем характеризується певними витратами часу, інструменту, води на обробку заготовки [3]. Разом з тим розрахунок оптимальних схем профільної обробки потребує необхідних розрахунків та обґрунтування параметрів при різних діаметрах виробу та його довжині. Застосування тієї чи іншої схеми обробки потребуватиме аналізу на економічну доцільність.

Усі витрати при поперечних схемах профільного фрезерування характеризуються передусім сумарною площею різів дискового алмазного інструменту (рис.3.).

Сумарна площа різей для квадратного перерізу заготовки становитиме:

$$\sum S_{(4)} = n_{\text{проп}} \cdot \left(a^2 - \frac{\pi d^2}{4} \right); \text{м}^2 \quad (1)$$

де $n_{\text{проп}}$ – кількість поперечних пропилів.

Для 8 – ми гранного профілю заготовки сумарна площа поперечного різів визначатиметься за формулою:

$$\sum S_8 = n_{\text{проп}} \cdot \left(2a^2(1 + \sqrt{2}) - \frac{\pi d^2}{4} \right); \text{м}^2 \quad (2)$$

Сумарна площа для шістнадцятигранного профілю визначатиметься за формулою:

$$\sum S_{16} = n_{\text{проп}} \cdot \left(4 \cdot a^2 \cdot \text{tg} \frac{\pi}{16} \right); \text{м}^2 \quad (3)$$

Таким чином при відомих значеннях площ різання заготовок з різним профілем можна встановити працевитрати для кожної схеми та порівняти і визначити найбільш економічну.

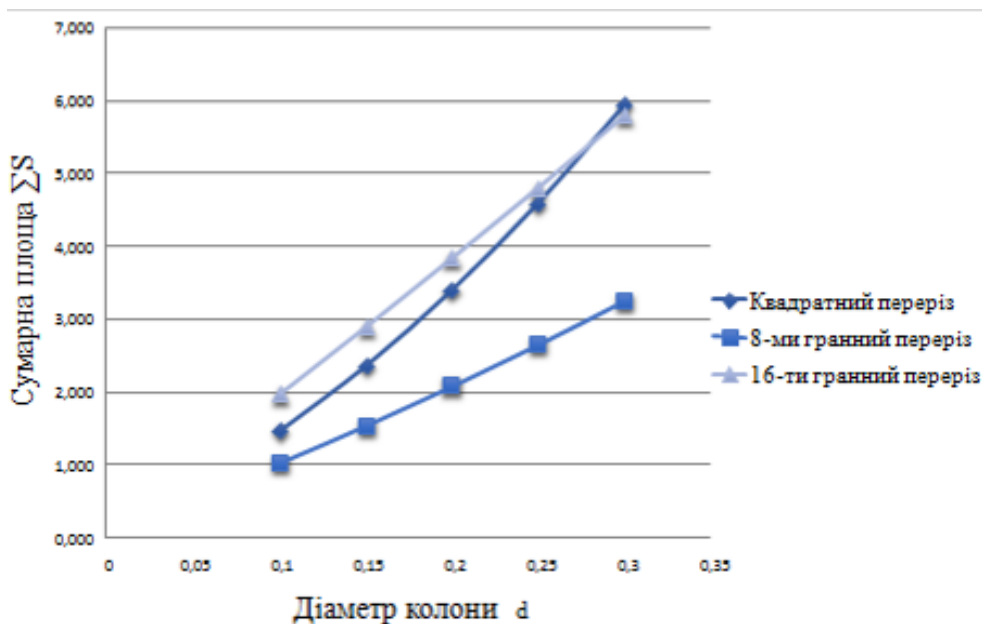


Рис. 3 Залежність площі різів від діаметра заготовки при поперечній схемі профілювання.

При розрахунках площі поперечних різів стає зрозуміло, що при збільшенні діаметра заготовки, зростає площа різів. При діаметрі заготовки менше 0,1 м значних змін не відбувається. Найбільш ефективніший спосіб виготовлення деталей з 8 – ми гранної заготовки.

Аналогічно як і для поперечної схеми профілювання необхідно встановити сумарну площу різів і при поздовжній обробці заготовки на верстатах з ЧПК. Для квадратного профілю заготовки площа поздовжнього різів визначатиметься за формулою:

$$\sum \dot{l} = \sqrt{r^2 + \left(\frac{a}{2} - X_1\right)^2} + \sqrt{r^2 + \left(\frac{a}{2} - X_2\right)^2} - \dots n * r. \quad (4)$$

де $X_n = n * l_{гр} + (n - 1)l_{різ}$ і залежить від кількості пропилів

n – кількість пропилів.

Сумарна площа поздовжніх різів визначається за формулою:

$$\sum S_{(4)} = n_{кутн.} \cdot 2 \cdot \sum \dot{l} \cdot l_{колони} \text{ м}^2; \quad (5)$$

Сумарна площа різів у 8 – ми гранника буде розраховуватися за формулою:

$$\sum S_{(8)} = n_{кутн.} \cdot 2 \cdot \sum \dot{l} \cdot l_{колони} \text{ м}^2; \quad (6)$$

Сумарна площа різів у 16 – ти гранника буде розраховуватися за формулою:

$$\sum S_{(16)} = n_{кутн.} \cdot 2 \cdot \sum \dot{l} \cdot l_{колони}; \text{ м}^2; \quad (7)$$

При порівнянні площ поперечних та поздовжніх різів стає зрозуміло, що при збільшенні діаметра заготовки, зростає площа різів. Найбільш ефективніший спосіб виготовлення деталей з 8 – ми гранної заготовки, як при поперечному так і при поздовжньому виготовленні деталі.

Розрахунок продуктивності для 4-х, 8 – ми та 16 – ти гранної заготовки за критеріями продуктивності, витрат води, електроенергії та інструменту визначається наступним чином:

$$\sum Q_{прод.} = \frac{l_{загот.}}{T_{обр.} + T_{попер.} + T_{шліф.полір.}}; \text{ м. погон./год.} \quad (8)$$

де $l_{загот.}$ – довжина заготовки, м.

За цими даними визначено сумарну продуктивність для 4-х гранної, 8-ми гранної та 16-ти гранної заготовок при поздовжніх різках, при діапазонах діаметрів колони від 0,1 м до 0,3 м. Відповідно до даних розрахунків побудовано графіки залежностей продуктивності від діаметра колони (рис.4.).

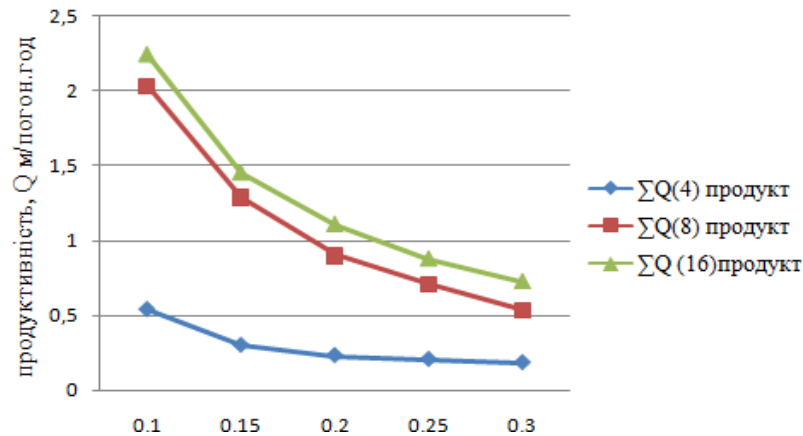


Рис. 4. Залежності продуктивності різання при поздовжній схемі різання 4 – х гранника, 8 – ми гранника та 16 – ти гранника.

Для встановлення оптимальних схем обробки доцільно перевести усі витрати в грошовий вираз для визначення сумарних витрат при використанні певного профілю заготовки, поздовжньої чи поперечної схеми, а також діапазон ефективного застосування. Оскільки в процесі виготовлення деталей тіл обертання при поздовжній та поперечній схемі режимні параметри визначаються тільки площею різів та часом на виготовлення деталі, то задача оптимізації процесу технологічної схеми обробки зводиться до встановлення оптимальних технологічних схем виготовлення деталей при мінімальних площах різу та максимальних продуктивностях.

Ефективність виготовлення деталей тіл обертання при поздовжній та поперечній схемі визначається економічно доцільними умовами роботи верстатів, тобто в даному випадку оптимальними схемами різання, визначені виходячи із умов мінімальних витрат алмазного інструменту, води та електроенергії.

Сумарні грошові витрати на виготовлення колони при поздовжній та поперечній схемі обробки для 4 – х гранної, 8 – ми гранної та 16 – ти гранної заготовки визначаються за виразом:

$$\sum C_{\text{виробу}} = \sum C_{\text{води}} + \sum C_{\text{електр.}} + \sum C_{\text{інструм.}}; \text{ грн} \quad (9)$$

де $\sum C_{\text{води}}$ – сумарна ціна води, яка витрачається на одну деталь; грн.,

$\sum C_{\text{електр.}}$ – сумарна ціна витрати електроенергії

$\sum C_{\text{інструм.}}$ – вартість витрати дискового інструменту

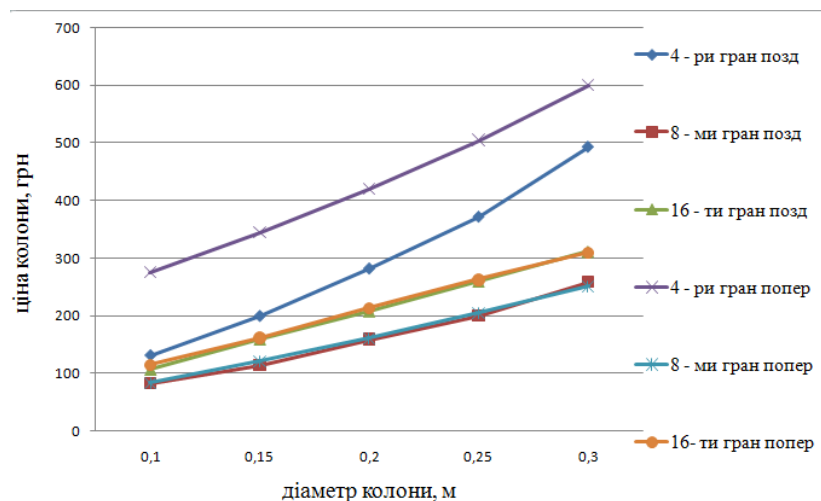


Рис. 5. Графік залежностей ціни виробу від діаметра заготовки при різних схемах обробки

Схема обробки заготовки квадратного профілю при поперечному фрезеруванні на верстатах з ЧПК є найбільш вартісна та економічно невиправдана (рис .5).

При використанні заготовок 8 – ми та 16 – ти гранного перерізу відмінність у схемах профілювання з позиції вартості майже не відрізняється.

Як видно з графіків найбільш економічно виправданою є схеми фрезерування 8 – ми гранних заготовок при поздовжньому або поперечному профілюванні.

Висновки: Встановлено, що на ефективність виготовлення деталей тіл обертання впливає попередня обробка заготовки і схема за якою виготовляється виріб. Схема обробки заготовки квадратного профілю при поперечному фрезеруванні на верстатах з ЧПК є найбільш вартісна та економічно невиправдана. При використанні заготовок 8 – ми та 16 – ти гранного перерізу відмінність у схемах профілювання у вартісному відношенні знівельовується повністю. Найбільш економічно виправданою є схеми фрезерування 8 – ми гранних заготовок при поздовжньому або поперечному профілюванні. У випадку, якщо немає можливості обточування до 8 – ми гранної призми, то найбільш економічно виправданою буде схема поздовжнього профілювання.

Бібліографічний список

1. В. Хшоншевський. Обробка каменю частина 11. Каменеобробні лінії // Камінь. – Київ. Сківак-прес, 2009. – № 2. (28), – С 24-27.
2. Сычев Ю. И., Берлин Ю. Я. Шлифовально-полировальные и фрезерные работы по камню. – М.: Стройиздат, 1985. – 312 с.
3. Картавый Н.Г., Сычев Ю.И., Валуев И.В. Оборудование для производства облицовочных материалов из природного камня. М.: Машиностроение, 1988, с.

УДК 631.43:691.24

Самедов А.М., д.т.н., проф., Буткевич І.І., маг. (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»)

ДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СЛАНЦЕВИХ ПОРІД ДЛЯ КОНСТРУКЦІЙ СПОРУД

Розглянуто динамічні властивості сланцевих гірських порід, які рекомендовано для використання при виготовленні конструкцій геотехнічних споруд. Уточнені величини коефіцієнта питомого демпфування під дією гармонійних навантажень. Встановлені

зв'язки між коефіцієнтом питомого демпфування b_i і модулем загасання сланцевих порід Φ_i за допомогою коефіцієнта нерівномірного стискування або зрушення c_i , тобто $\Phi_i = b_i / c_i$

Постановка проблеми. Видобуток корисних копалин супроводжується накопиченням на земній поверхні величезних обсягів відходів у вигляді гірських порід, немалу частку яких складають сланцеві гірські породи. З плином часу відбувається їх саморуйнування, що призводить до забруднення навколишнього середовища. Тому утилізація цих порід, а саме, їх використання для потреб підземного будівництва, є актуальною проблемою.

Виготовлення конструкцій підземних споруд зі сланцевих гірських порід вимагають знання властивостей. В технічній літературі [1-4] наведені деякі властивості сланцевих гірських порід, проте динамічні властивості, необхідні для використання сланцевих порід в будівництві геотехнічних споруд.

Постановка задач дослідження. Визначимо динамічні характеристики сланцевих порід, що використовують як будівельний матеріал для виготовлення конструкцій відносяться пружні, непружні, прочностные і деформаційні показники і способи їх обліку в динамічних розрахунках споруд на короткочасні періодичні, імпульсивні, вибухові, сейсмічні і інші види навантаження.

До головних динамічних властивостей відносяться:

- 1) динамічна жорсткість при циклічному процесі деформації основ споруд, складеною із сланцевих гірських порід;
- 2) внутрішнє тертя, що обумовлює розсіяння енергії циклічних деформацій в зовнішнє середовище або внутрішнє тертя сланцевих порід при циклічних навантаженнях;
- 3) динамічна міцність або витривалість основ із сланцевих порід при циклічному процесі деформації.

З цих 3-х головних динамічних характеристик витікають багато додаткових динамічних параметрів, які при розрахунку споруд необхідно враховувати на динамічні навантаження.

Викладення основного матеріалу і результати.

Розглянемо властивості цих характеристик при помірному рівні динамічних деформацій і їх швидкостей.

1. Динамічна жорсткість. Жорсткість основ і сланцевих порід або конструкція виготовлена із сланцевого щебеня залежать від інтенсивності динамічних або статичних навантажень, від швидкості і закону зміни напруги в часі, температури, вологості і так далі

Для сланцевих порід, як і для будівельних матеріалів існують статичні і динамічні жорсткості. Статичні жорсткості визначаються при повільних процесах деформації, які вводяться в розрахунок споруд на статичні навантаження. Динамічна жорсткість визначається при досить швидких циклічних процесах деформації основ або елементів конструкцій із сланцевих порід, які використовуються при розрахунку споруд на динамічні навантаження.

Статична жорсткість при тривалій дії навантаження менше динамічної внаслідок впливу деформацій повзучості і релаксації напруги і залежить від часу, відлічуваного після початку вантаження.

Динамічна жорсткість залежить від періоду коливань, але для сланцевих порід в межах звичайних частот періодичних навантажень вона міняється слабо, наближаючись до статичної жорсткості, визначуваної з короткочасних випробувань при низькому рівні напруги.

При призначенні статичної жорсткості для основ споруд або елементів конструкцій виходять з граничного стану по міцності або по деформаціях, що досягається

при повного розрахункового статичного навантаження. Тому розрахунковому значенню статичної жорсткості відповідають верхні межі статичної напруги або деформацій.

При дії ж динамічних навантажень нижнім значенням жорсткості необов'язково відповідають верхнім значенням амплітуд коливань і динамічним напруги; часто буває навпаки, і це пояснюється тим, що амплітуди залежать більшою мірою від відношення основного періоду власних коливань до періоду циклічного навантаження або до тривалості дії імпульсивного навантаження. Тому розрахункове значення динамічної жорсткості має бути по можливості ближче до її фактичного значення і, отже, повинно призначатися як найбільш вірогідне її значення за цих експлуатаційних умов. Фактичні ж значення динамічної жорсткості вищі за статичну внаслідок того, що при циклічному навантаженні виключаються деформації повзучості, вплив тріщин в сланцевих породах позначається менше, а модуль пружності сланцевих порід з підвищенням частоти циклу зростає.

Динамічну жорсткість основ або конструкцій із сланцевих порід при розрахунку на динамічні навантаження (періодичні і імпульсивні) можна визначати виходячи з пружної стадії роботи сланцевих порід і вважати рівною твору динамічного модуля пружності на відповідну геометричну характеристику поперечного перерізу конструкцій і основ під фундаментом.

Динамічна жорсткість основ із сланцевих порід виражається коефіцієнтами жорсткості основ, визначуваною формулою :

$$K_z = C_z F; K_x = C_x F; K_\varphi = C_\varphi I; K_\psi = C_\psi I_z \quad (1)$$

де C_z, C_x - коефіцієнти пружного рівномірного стискування і зрушення сланцевих порід; C_φ, C_ψ - коефіцієнти пружного нерівномірного стискування і зрушення сланцевих порід; F - площа підшви фундаменту; I - момент інерції цієї площі відносно горизонтальної осі, що проходить через центр тяжіння паралельно осі ОУ; I_z - полярний момент інерції площі підшви, см⁴.

Величини $C_z, C_x, C_\varphi, C_\psi$ Н/см³ або кН/м³, є постійними і залежать від модуля пружності сланцевих порід E , МПа, коефіцієнта Пуассона μ , співвідношень розмірів підшви фундаментів $a: b$; площі підшви фундаментів F , см² або м² визначувані формулами:

$$C_z = n_z \frac{E}{1 - \mu^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{F}}; C_\varphi = n_\varphi \frac{E}{1 - \mu^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{F}}; \quad (2)$$

$$C_x = n_x \frac{E}{(1 + n_x \mu) \cdot (1 + \mu)} \cdot \frac{1}{\sqrt{F}}$$

Коефіцієнти n_z, n_φ, n_x приймаються з таблиці 1.

Таблиця 1

Величини коефіцієнтів n_z, n_φ, n_x для сланцевих порід

Співвідношення сторін підшви фундаменту $a: b$	n_z	n_φ	n_x
1	1,14	2,83	0,5
1,5	1,15	3,22	0,45
2	1,17	3,54	0,42
3	1,21	4,15	0,37
5	1,30	5,45	0,29

Для сланцевих порід $\mu = 0,25 \div 0,35$; $E = (2,0 \div 3,5) \cdot 10^{-4}$ МПа.

Величини коефіцієнтів C_z, C_x для основ із сланцевих порід можна приймати рівними $C_x = 0,7C_z$; $C_\varphi = 2C_z$, Н/см³, кН/м³.

2. Визначення коефіцієнтів демпфування сланцевих порід при використанні їх для основ споруд.

Для визначення коефіцієнтів демпфування основ що складаються із сланцевих порід можна використати наступні формули:

$$B_z = b_z F; B_x = b_x F; B_\varphi = b_\varphi F; B_\psi = b_\psi I_z \quad (3)$$

де $b_z, b_x, b_\varphi, b_\psi$ - коефіцієнти питомого демпфування, енергії, що характеризують втрату, фундаментом, що коливається, через одиницю площі, при нерівномірному стискуванні і зрушення основ сланцевих порід, що полягають. Величини параметрів F, I, I_z - той же, що і формулах(1).

Чисельні значення коефіцієнтів питомого демпфування під дією гармонійних навантажень можна визначити формулою:

$$\begin{aligned} b_z &= 0,014 \sqrt{C_z}, [H \cdot c / cm^3] \\ b_x &= 0,007 \sqrt{C_z}, [H \cdot c / cm^3] \\ b_\varphi &= 0,007 \sqrt{C_z}, [H \cdot c / cm^3] \\ b_\psi &= b_z = 0,014 \sqrt{C_z}, [H \cdot c / cm^3] \end{aligned} \quad (4)$$

При визначенні цих коефіцієнтів величини коефіцієнта C_z обчислюється по формулах(3) і модуль деформації E приймається по фактично використаних для основ видах сланцевих порід. Для деяких сланцевих порід(глинистих, піщано-глинистих, піскуватих, алевролітів, крем'янистих, карбонатних та ін.) величини модуля пружності E нами визначені і дані в таблицях фізико-механических властивостей сланцевих порід.

Для практичних розрахунків основ споруд або фундаментів під динамічними навантаженнями можна використати дані про значення модуля загасання основ із сланцевих порід $\Phi_i = 0,0035 \div 0,006$, сек.

Між коефіцієнтом питомої деформації і модулем загасання сланцевих порід Φ_i , з, існує зв'язок:

$$\Phi_i = b_i / c_i \quad (5)$$

де b_i і c_i - відповідно коефіцієнти питомого демпфування і коефіцієнти пружного рівномірного і нерівномірного стискування і зрушення.

При визначенні максимальної амплітуди коливань масивного фундаменту зведеного на основі із сланцевих гірських порід після ударного навантаження коефіцієнт демпфування приймають 1,5÷2 рази більшим, ніж по формулах(4). Для вертикальних коливань коефіцієнт питомого демпфування при рівномірному стискуванні основ із сланцевих порід визначається формулою:

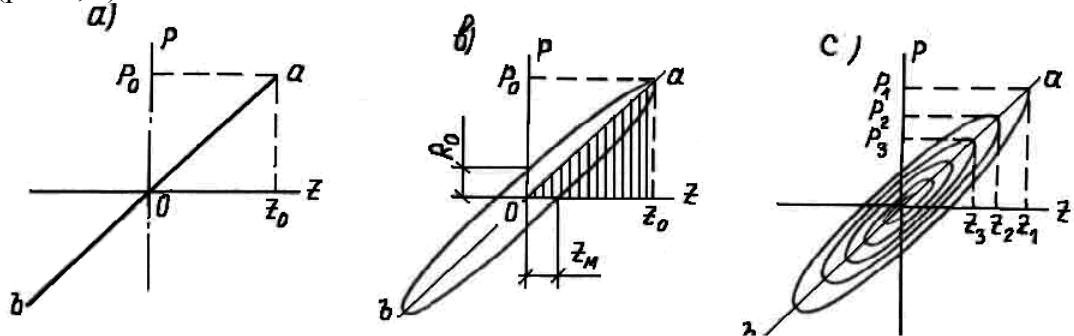
$$b_z = 0,027 \sqrt{C_z}, H \cdot c / cm^3 \quad (6)$$

Демпфування основ із сланцевих порід можна збільшити, якщо застосовувати щебінь з домішкою піску.

3. Внутрішнє тертя основ споруд що складаються із сланцевих гірських порід

Внутрішнє тертя відіграє важливу роль, будучи причиною швидкого загасання вільних коливань конструкцій фундаментів що спираються на основи із сланцевих порід, обмежує амплітуди резонансних коливань при дії періодичних навантажень.

При циклічних деформаціях ідеально пружної лінійної системи зовнішня циклічна сила P , що діє на неї, прямопропорціональна пружному переміщенню z системи, і залежності $P(z)$ при навантаженні і розвантаженні співпадають, надаючи собою пряму лінію ab (рис.1, а)



Мал. 1. Залежність сили P від переміщення z :

а - для ідеально-пружної системи; у - для системи з внутрішнім тертям для гармонійних коливань; з - теж при вільних коливаннях.

Для основ або конструкцій із сланцевих гірських порід, що має внутрішнє тертя, ця залежність нелінійна і двозначна і є при циклах навантаження і розвантаження, що встановилися, замкнутою кривою у виді петлею гістерезису. При гармонійних коливаннях петля гістерезису представляє еліпс(рис.1, в) з центром на початку координат P, z , а при вільних коливаннях залежністю $P(z)$ є еліптичну спіраль(рис.2, с).

Площа замкнутої петлі гістерезису пропорційна роботі ΔW , що здійснюється силами внутрішнього тертя за один цикл деформації, а площа заштрихованого трикутника(рис.4.3, в) пропорційна роботі W пружних сил за чверть циклу при зростанні деформації від 0 до максимуму. Відношення

$$\psi = \frac{\Delta W}{W} = 2\pi \frac{z_m}{z_0} = 2\pi \frac{R_0}{S_0} = 2\pi\eta \quad (7)$$

є коефіцієнтом поглинання енергії.

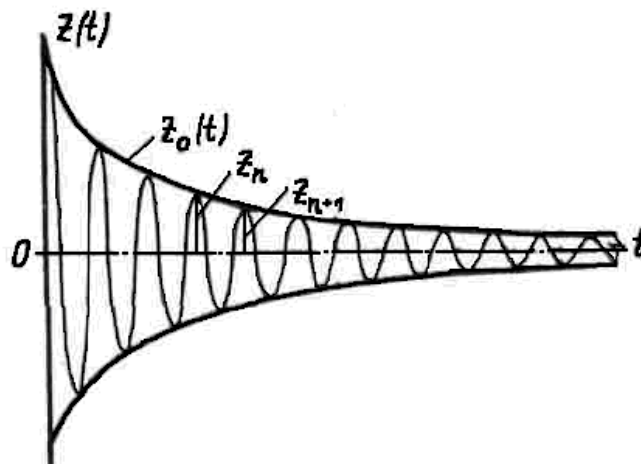
Тут z_0 і z_m - амплітуди пружної і непружної деформації, а S_0 і R_0 - амплітуди пружної і непружної сили(рис.1, в); η - коефіцієнт втрат. Коефіцієнт втрат для сланцевих порід в середньому коливається $\eta=0,08 \div 0,10$ в області малих амплітуд напруги $0 < \sigma_0 \leq 0,5[\sigma]$ де $[\sigma]$ - величина напруги, що допускається.

При гармонійних коливаннях зручно користуватися комплексним модулем пружності сланцевих порід у виді:

$$E_k = \sqrt{E_1^2 + E_2^2} \quad (8)$$

де E_1, E_2 - відповідно пружна і непружна складові модуля, тобто модулі в пружній стадії і за межами пружної стадії роботи сланцевих порід.

Коефіцієнт поглинання енергії ψ для сланцевих порід залежить від співвідношень модулів, тобто $\psi = 2\pi(E_2 / E_1)$ (9)



Мал. 2. Вільні загасання коливання $z(t)$ і їх огинаюча $z_0(t)$

При коливаннях, коли амплітуда деформації у сланцевих порід змінна і змінюється по кривій, що монотонно стискається $z_0 = z_0(t)$ (рис.) для характеристики загасання застосовується **логарифмічний декремент коливань δ** визначуваний по формулі:

$$\delta = \ln(z_n / z_{n+1}) \quad (10)$$

Коефіцієнт внутрішнього тертя $f = \operatorname{tg} \varphi$ для кожного виду сланцевих порід можна вичислити, коли відомі кут внутрішнього тертя φ (див. таблицю. Фізико-механічних властивостей сланцевих порід).

Коефіцієнт непружного опору $\gamma_{n.u}$ залежить від періоду власних коливань Тонни і для сланцевих порід можна приймати при Тонні > 1 сек. $\gamma_{n.u} = 0,08$; при $0,01 \leq T \leq 1 \text{c}$ $\gamma_{n.u} = 0,12$.

Коефіцієнт бічного тиску ξ залежить від коефіцієнта Пуассона і для сланцевих порід у вигляді пісків і відсівань $\xi = 0,3 \div 0,35$; у вигляді сланцевого щебеня $\xi = 0,45 \div 0,6$.

4. Визначення динамічних характеристик основ споруд із сланцевих порід шляхом експериментів. Експериментальні дослідження основ із сланцевих порід рекомендується проводити при проектуванні промислових споруд, в яких намічається установка великого числа машин з динамічними навантаженнями, таких як токарні, фрезерні цехи, ковальські, ткацькі та ін. В тих випадках, коли в якості моделі основи використовують сланцеві породи, як демпфер, то характеристики цих моделей k_z і B_z , B_φ , B_ψ , B_x можна знайти з експериментів з масивними фундаментами.

Грунтова основа із сланцевого щебеня з кварцевими пісками в зміщеному, зволоженому (до $W = 0,10 \div 0,14$) і ущільненому виді є складною динамічною системою, внутрішня структура якої невідома. Відносно властивостей цієї системи **можна зробити тільки одно припущення** - вважати, що вона лінійна, тобто існує лінійна залежність між динамічною силою, прикладеною до цієї системи, і її динамічні переміщення (під системою розуміємо **жорсткий невагомий штамп**, за формою співпадаючої з відбитком фундаменту, і ґрунт).

За результатами експерименту при гармонійних коливаннях обчислюємо **пружні і демпфуючі** характеристики основи, аналогічні (3) і (4), проте, це не коефіцієнти, а функції, залежні від кругової частоти гармонійних коливань і характеризуюча жорсткість і демпфування основи на різних частотах :

$$K_z(\omega) = \frac{f_1(\omega)}{[f_0(\omega)]^2}; B_z = \frac{-f_2(\omega)}{\omega[f_0(\omega)]^2} \quad (11)$$

У формулах (11) функції $f_0(\omega)$, $f_1(\omega)$ і $f_2(\omega)$ є відповідно модулем, дійсною і уявною частиною передатної функції системи невагомий штамп-основа, яка характеризує динамічну податливість цієї системи. Значить, суміш піску із сланцевим щебенем є податливою основою, запропоновані нами як основу для споруд з динамічними навантаженнями.

Функції $k_z(\omega)$ і $B_z(\omega)$ використовуються у формулах для визначення параметрів гармонійних коливань фундаментів замість коефіцієнтів k_z і B_z .

Якщо в деякому діапазоні частот ці функції змінюються мало, то їх можна замінити константами:

$$k_z(\omega) \approx k_z; B_z(\omega) \approx B_z; \omega_1 \leq \omega \leq \omega_2 \quad (12)$$

що мають сенс коефіцієнтів B_z жорсткості і демпфування основи з піщано-щебених сланцевих порід, про які говорили раніше. Тоді коефіцієнт пружного рівномірного стискування C_z і коефіцієнт питомого демпфування при рівномірному стискуванні визначаються формулами

$$C_z = K_z / F; b_z = B_z / F \quad (13)$$

де F - площа підшви фундаменту, з яким проводився експеримент.

Експерименти можна проводити в 2-х варіантах.

1. Випробовуваний фундамент над основою із сланцевих порід може в'яляться частиною будь-якої надземної динамічної системи що коливається гармонійно під дією гармонійного навантаження, величина і фаза якої невідомі, а місце додатка байдуже.

У експерименті при різних значеннях $\omega = \omega_i$, $i = 1, 2, \dots$ вимірюються амплітуди сили реакції $R(\omega)$ під підшвою фундаменту (наприклад, з вимірювальними приладами месдоз), амплітуда $W(\omega)$ його коливань і зрушення фази $\alpha(\omega)$ між силою реакції і переміщенням фундаменту. Кут зрушення фази $\alpha(\omega)$ приймається негативним для запізнювання переміщення одночасно реакції.

Модуль передатної функції знаходимо по формулі:

$$f_0(\omega) = \frac{W_0(\omega)}{R(\omega)} \quad (14)$$

а дійсна $f_1(\omega)$ і уявна частина $f_2(\omega)$ передатній функції по формулах:

$$\begin{aligned} f_1(\omega) &= f_0(\omega) \cos \alpha(\omega) \\ f_2(\omega) &= f_0(\omega) \sin \alpha(\omega) \end{aligned} \quad (15)$$

Обробка експериментальних даних по безлічі точок будемо графіки функцій $f_0(\omega)$ і $\alpha(\omega)$ чи $f_1(\omega)$ і $f_2(\omega)$

2. Експеримент проводимо з фундаментом, що окремо стоїть, над основою із сланцевих порід. Фундамент має площу підшви F і вага фундаменту і вибромашини T

Вертикальні коливання викликаються силою $P \cdot e^{i\omega t}$. При різних значеннях, в експерименті з міряємо амплітуду $W(\omega)$ коливань фундаменту і зрушення фази $\gamma_{zdv}(\omega)$ між обурюючою силою переміщенням фундаменту. Куту зрушення фази, відповідному відставанню по фазі коливання фундаменту від обурюючої сили,

приписуємо негативні значення. Амплітуда обурюючої сили P має бути відома або за результатами прямих вимірів, або вчислена за деякими відомими і заміряними параметрами, наприклад, як відцентрова сила для ексцентрикovanого вібратора і тому подібне

За експериментальними даними обчислюємо:

$$R(\omega) = \left\{ n\omega^2 W_0(\omega) \right\}^2 + 2n\omega^2 W_0(\omega) P(\omega) \cos \gamma_{n.u}(\omega) + P(\omega)^2 \Bigg\}^{1/2} \quad (4.43)$$

Для сланцевих порід

$$\alpha(\omega) = \operatorname{arctg} \frac{P(\omega) \sin W_0(\omega)}{m\omega^2 W_0(\omega) + P(\omega) \cos \gamma_{n.u}(\omega)} \quad (16)$$

де $\gamma_{n.u}$ - коефіцієнт непружного опору сланцевих порід.

Подальша обробка результатів експерименту виконується аналогічно пункту 1.

Висновки і напрямки подальших досліджень. В роботі були розглянуті динамічні властивості сланцевих гірських порід, які використовуються в будівництві геотехнічних споруд. Отримані динамічні характеристики сланцевих порід. Визначені динамічні жорсткості при циклічному процесі деформації основ споруд із сланцевих гірських порід. Визначені величини коефіцієнтів демпфування сланцевих порід при нерівномірному стискуванні і зрушенні. Уточнені величини коефіцієнта питомого демпфування під дією гармонійних навантажень. Встановлені зв'язки між коефіцієнтом питомого демпфування b_i і модулем загасання сланцевих порід Φ_i за допомогою коефіцієнта нерівномірного стискування або зрушення c_i , тобто $\Phi_i = b_i / c_i$.

Бібліографічний список

1. Барон Л.И., Логунцов Б.М., Позин Е.З. Определение свойств горных пород. – М.: Госгортехиздат, 1962. – 332 с.
2. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. – М.: «Недра», 1973. – 288 с.
3. Самедов А.М., Чирагов Д., Новаковська А., Иванова Н.Н. Технические характеристики некоторых сланцевых горных пород // Вісник НУТУ «КПШ», серія «Гірництво», Вип. 15, Київ, 2007. – с. 80-85.
4. Жданова О.О., Самедов А.М. Саморуйнування сланцевих гірських порід // Вісник Житомирського державного технологічного університету. - №2 (45) – 2008 р. – с. 147-149.
5. Вялов С.С. Реологические основы механики грунтов. __: Высшая школа; 1978. – 477 с.
6. Самедов А. М., Билоус Н.Г. и др. Про реологічні особливості лесового ґрунта II- типу осідання . Вісник НТУУ «КПШ», серія «Гірництво», вип.2. Киев, 2000, с.7-11.
7. Ержанов Ж. С. Теория ползучести горных пород и ее приложения. Изд. «Наука», Алма-Ата, 1964, 175 с.
8. Ржаницын А. Р. Теория ползучести. М.: Строиздат 1968. _368 с.
9. Самедов А. М. О реологических моделях лессовых просадочных грунтов. Вісник НТУУ «КПШ», серія «Гірництво», вип.3., К.2000, с.39-44.
10. Шукле Л. Реологические проблемы механики грунтов. М.: Строиздат, 1976.-485 с.
11. Bishop A.W. , The Strength of Soils as Engineering Materials (6th Rankinc Lecture), Geotechnique, 16, 91-128 (1966).

12. Brinch Hansen I. Some Stress – Strain Relationships for Soils, Proc. 6th Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng. , Montreal, 1, 231 – 234 (1965).

13. Lo K. Y. Strees – Strain Relationship and Pore Water Pressure Characteritiec of a Normally Consolidated Clays, Proc. 5th. Conf. Soil Mech. Found. Eng. , Paris., 1, 219-224 (1961-a).

Шевчук Н.А., к.т.н., доцент ФММ НТУУ «КПІ», Гасленко В.І., студент ІЕЕ НТУУ «КПІ»

НОВІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ НЕОСВОЄНИХ РЕСУРСІВ ТВЕРДИХ КОРИСНИХ КОПАЛИН

Підземна газифікація вугілля (ПГВ), запропонована Д.І. Менделєєвим ще в 1888 році, має величезне соціальне значення і дає великий екологічний ефект: виключає утворення відходів, не вимагає земель під відвали гірських порід, в десятки разів зменшує викиди пилу і газів. Тим не менш, вона поки не отримала масштабного розвитку ні в світі [1 , 2], незважаючи на ряд очевидних, причому, ексклюзивних переваг:

- можливість залучення незатребуваних ресурсів горючих копалин, видобуток яких традиційними способами з тих чи інших причин не є дохідним;

- виключення підземних гірничих робіт та пов'язаних з ними небезпек для життя шахтарів;

- зниження витрат на видобуток палива при мінімізації екологічного збитку, що наноситься біосфері.

Слід підкреслити, що вітчизняні дослідно-промислові роботи по ПГВ, які систематично проводилися з 1930 -х років, дозволили накопичити унікальний досвід як в області технології газифікації, так і в області створення для цих цілей ефективного обладнання [1-3].

В даний час на паливному ринку з'явився ряд нових факторів, які визначають об'єктивну доцільність використання підземної газифікації горючих копалин.

Водночас останні науково - технічні досягнення в області енерготехніки дозволяють, на мою думку, реалізувати окремі технічні рішення з даної проблеми.

Одним з нових запропонованих підходів використання ресурсів є енергетичний комплекс на базі акумулювання тепла.

Принципова схема комплексу передбачає виконання наступних технологічних етапів:

- попередня обробка сирого газу;
- циклічне спалювання низькокалорійного обезпиленого газу в пальниках керамічних регенераторів і акумулювання тепла;
- продування через гарячу насадку повітря
- глибоке знешкодження продуктів спалювання генераторного газу

Один із етапів, попередня обробка сирого газу, розглянемо більш детально.

На цьому етапі здійснюється очищення летких продуктів ПГВ, стікаючих з промислових свердловин при температурі 300-500 °С, від пилу і утилізація залишкового теплозбереження газу в системах місцевої теплофікації. Особливо це відноситься до комерційно - ефективних тепличних господарств у зоні ризикованого землеробства.

Оптимальним способом реалізації цього етапу технології є використання відомої системи з двох теплових акумуляторів у вигляді ємностей, заповнених насадкою з чавунних куль, що відрізняються високою корозійною стійкістю. Система працює в циклічному режимі, причому протягом циклу « нагрівання » здійснюється продувка сирого, гарячого газу через один з регенераторів з метою акумулювання тепла та осадження пилу на поверхні металевих куль, а в циклі « охолодження » через насадку

продувається повітря під тиском 3-5 атм., що забезпечує винесення пилу та утилізацію тепла в барботері з отриманням води (60-80 °С).

Переваги даного рішення:

- можливість, залежно від конкретних умов, споруджувати системи очищення різної продуктивності, обслуговуючи одну або групу свердловин;
- зниження вартості генераторного газу при продажу товарного тепла;
- розширення ринку праці, збільшення робочих місць.

Перекачка очищеного від пилу холодного генераторного газу дозволяє доставляти його за системою стандартних трубопроводів від окремих, розосереджених ділянок видобутку до потужної ТЕС при її віддаленні на 10-50 км, що істотно полегшує вибір майданчика дислокації.

Наступний запропонований підхід використання ресурсів твердих корисних копалин – це міні - енергокомплекси на базі окремих свердловин.

Аналіз показує, що найбільш гнучким і економним способом слід вважати утилізацію низькокалорійного « первинного » газу, що минає з окремих, переважно, малодобітних свердловин (2-5 тис. м³/ч) з отриманням на місці електроенергії та товарного тепла. Дане рішення пропонує виключити будівництво і обслуговування трубопроводів, і транспортувати електроенергію до споживачів за діючими або новими ЛЕП.

Спорудження подібного енергокомплексу стало можливим лише останнім часом у зв'язку з створенням так званих двигунів зовнішнього нагріву (ДЗН) або двигунів Стірлінга [4].

На відміну від двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ), де спалювання вуглеводневого палива здійснюється всередині циліндра, в ДЗН джерело тепла розташоване зовні, що допускає застосування будь-яких видів палива, а також сонячної інсоляції та тепла хімічних реакцій.

Технології минулого століття не могли забезпечити надійне та економічно прийнятне рішення в частині конструкції найбільш відповідальних вузлів ДЗН, однак нині ці проблеми успішно вирішені і більше 100 фірм світу серійно випускають агрегати різної потужності (від 5 до 1250 кВт) з ККД до 55 %.

Найбільш важливими перевагами двигунів Стірлінга в порівнянні з іншими тепловими машинами (парові, газові турбіни, ДВЗ) є наступні:

- відсутність обмежень у виборі джерела нагрівання;
- високий ККД (до 45-50 % при температурі 700-800 °С і до 12-15 % при температурі 300-350 °С), а також реальна можливість його наближення до теоретичного рівня (70 %) у міру розвитку нанотехнологій;
- виняткова надійність через відсутність системи іскрового запалювання і меншого числа деталей руху;
- безшумність, високий ресурс.

Перевага подібного рішення - можливість безперервної роботи енергоблоку та генерування протягом року до 9-9.5 млн. кВт - год і до 8000 Гкал тепла, тоді як еквівалентна по виробництві міні-ТЕС повинна мати потужність не менше 1.7 МВт, причому корисне використання вторинних теплових ресурсів з температурою 20-25 °С в цьому випадку виключено [5].

Вищевикладене показує, що в даний час є технічна можливість реалізації запропонованих рішень і зниження собівартості генерованої електроенергії в безпосередній близькості від видобувного поля.

Бібліографічний список

1. Е.В. Ерейнін. «Нетрадиционные термические технологии добычи трудноизвлекаемых топлив», - М., 2004, 300 с.

2. М.И. Щадов и «Природный потенциал ископаемых углей», ч.1-2, - М., «Недра», 2000,422 с.
3. В.Ж. Аренс, О.М. Грідін. «Подземная газификация углей с комплексной переработкой газа», - М., ГИГХС, 1982,62 с.
4. Н.Г. Бірллов. «Машины Стирлинга - технологии XXI века», «Энергия: экономика, техника, экология», - М., «Наука» 2005, №10, с. 47-53.
5. В.Ж. Аренс. «Скважинная добыча полезных ископаемых», - М., «Недра» 1986, 279 с.

УДК 624.042.8(477-21)

Кріль Т.В., к. геолог.н., наук. співр., Інститут геологічних наук НАН України

ПОШИРЕННЯ ВІБРАЦІЙНИХ ХВИЛЬ В ГЕОЛОГІЧНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ВІД РУХУ ПОЇЗДІВ МЕТРОПОЛІТЕНУ

При русі поїздів метрополітену генеруються динамічні навантаження, які передаються через ґрунтове середовище фундаментам будівель і споруд. Розглянуто поширення вібраційних хвиль у геологічному середовищі м. Києва. Приведено результати визначення очікуваного рівня вібрацій у при поверхневих шарах ґрунту для умов мілкового закладання ліній метрополітену, а також заходи щодо його зниження.

Ключові слова: вібрація, геологічне середовище, динамічне навантаження, метрополітен, параметри вібраційного навантаження, зниження вібраційного рівня.

At movement of the subway trains are generated dynamic loads, which are transmitted through the soil environment to the foundations of buildings. The spread of vibration waves in the geological environment of Kiev are considered. The results of determining the expected level of vibrations in near-surface soils for shallow underground lines and ways of their reduction are presents.

Key words: vibration, geological environment, dynamic loading, underground, parameters of vibrating loading, reducing vibration.

При движении поездов метрополитена генерируются динамические нагрузки, которые передаются через грунтовую среду фундаментам зданий и сооружений. Рассмотрено распространение вибрационных волн в геологической среде г. Киева. Приведены результаты определения ожидаемого уровня вибраций в приповерхностных грунтах для условий мелкого заложения линий метрополитена, а также способы по его снижению.

Ключевые слова: вибрация, геологическая среда, динамическая нагрузка, метрополитен, параметры вибрационной загрузки, снижение уровня вибрации.

Вступ.

При дії навантажень динамічного характеру відбувається генерування деформацій в ґрунтовому масиві. Маси часток ґрунту у процесі деформування набувають прискорень, це призводить до того, що на ґрунтові частки діють додаткові сили – сили інерції, і в масиві ґрунту виникають коливання.

На параметри розповсюдження коливань у ґрунті впливають інтенсивність, спектральний склад, тривалість та напрямок дії джерел динамічного навантаження. Тобто динамічне навантаження є складним системним явищем, що характеризується комбінацією цих характеристик, які можна безпосередньо виміряти. Найбільш важливими характеристиками динамічного навантаження є вібропереміщення, віброшвидкість, віброприскорення та їх логарифмічні рівні.

Розрахунок вібрації від руху поїздів метрополітену виконується при прогнозуванні очікуваних значень вібрації у будівлях у зоні можливого впливу проєктованих ліній метрополітену, з метою перевірки відповідності вимогам ДБН В.2.3-7-2003 [1], а також при розробці конкретних технічних рішень по віброзахисту будівель та споруд. На території м. Києва є лінії метрополітену глибокого, мілкового закладання та поверхневі. Траси глибокого закладання пройдені у «київських мергелях» (Р_{2kv}). Ці породи вважаються придатними для спорудження тунелів у їх товщах. Актуальною є задача з визначення очікуваного рівня вібрацій у при поверхневих шарах ґрунту для умов мілкового закладання ліній метрополітену. Геологічне середовище м. Києва, в якому прокладаються приповерхневі траси складено переважно елювіально-делювіально- еоловими відкладами (суглинками та супісками), льодовиковими відкладами (прісноводні суглинки) та алювіальними і намивними відкладами (піски, супіски).

Результати досліджень.

Величини вібрації на поверхні ґрунту були розраховані на ділянці між станціями «Святошино – Броварської» траси метрополітену у м. Києві у відповідності до СП 23–105–2004 [2]. Рух поїздів метрополітену відбувається у тунелі на глибині 16 м від основи лотка до поверхні.

Виробку тунелю пройдено у льодовикових відкладах (gP_{лdn}), представлених суглинками тугопластичними з щільністю 1900 кг/м³, швидкостями розповсюдження поздовжніх та поперечних хвиль 600 та 250 м/с, декрементом загасання 0,1 у всьому діапазоні нормованих частот.

Будова колії типова – дерев’яні шпали, заглиблені у бетон. Конструкція тунелю – суцільносекційна залізобетонна, форма перетину кругла: товщина обробки 0,3 м, радіус обробки 2,7 м.

Величини віброшвидкості лоткової частини кріплення тунелю, визначені в октавних смугах 16; 31,5; 63 Гц (табл. 1).

Таблиця 1.

Величини вібрації на типовому кріпленні

Значення віброшвидкості у різних напрямках	Частота, Гц		
	16	31,5	63
Макс. величина горизонтальної компоненти віброшвидкості, м/с	0,00011	0,00096	0,00083
Макс. величина вертикальної компоненти віброшвидкості, м/с	0,00011	0,00096	0,00083
Еквівалентна величина горизонтальної компоненти віброшвидкості, м/с	0,00006	0,0005	0,00048
Еквівалентна величина вертикальної компоненти віброшвидкості, м/с	0,00006	0,00055	0,00048

Вертикальні та горизонтальні складові віброшвидкості на поверхні ґрунту визначаються за формулою

$$v_{1,2}(i) = \sqrt{v_R^2 + v_{1,2l}^2},$$

де v_R – віброшвидкість, спричинена хвилею Релея, яка вираховується за формулою

$$v_R = \sqrt{\frac{R_0}{H_0}} v_{\max} \exp(-\beta k_R x),$$

де β – коефіцієнт загасання у ґрунті; k_R – хвильове число Релея; $v_{1,2l}$ – відповідні проекції віброшвидкості, спричинені повздовжньою хвилею у ґрунті, розраховані за виразом

$$v_{1,2l} = \sqrt{\frac{R_0}{\sqrt{x^2 + H_0^2}}} \cdot \sqrt{v_{1\max}^2 + v_{2\max}^2} \cdot \exp(-\beta k_l \sqrt{x^2 + H_0^2}),$$

де H_0 – глибина, на якій знаходиться лоткова частина обробки тунелю; x – віддалення від повздовжньої осі тунелю; R_0 – характерний розмір, який представляє собою мінімальне значення з $D/2$ – половина ширини тунелю; $k_R = c_l / \omega$ – відношення швидкості повздовжніх хвиль у ґрунті до колової частоти; $v_{1,2\max}$ – максимальні величини віброшвидкості на лотковій частині кріплення тунелю.

Залежності максимальних величин вібрації в октавних діапазонах 16, 31,5 та 63 Гц від відстані до стіни тунелю (у плані) приводяться на рис. 1. Всі розрахунки виконуються для максимальних значень віброшвидкості. Для порівняння на них приведено нормативні значення віброшвидкості для житлових будівель у нічний час доби.

Перехід до еквівалентних значень виконується за формулою (1.5) з урахуванням реального режиму руху поїздів на лінії метрополітену, яка розглядається

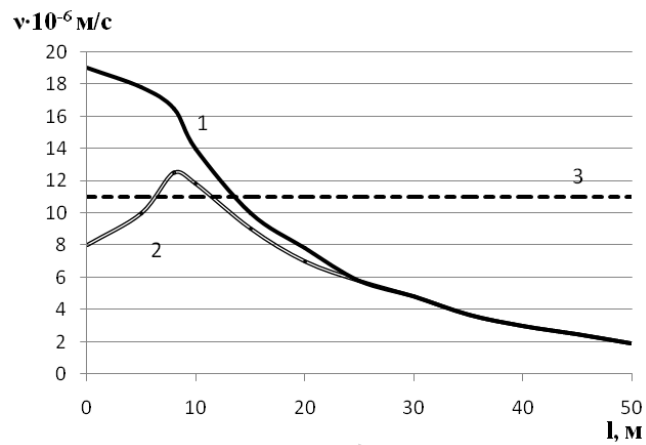
$$v_{\hat{a}\hat{e}\hat{a}} = \hat{A}_l \cdot v_{lm}, \text{ при } 0,5 < v_{lm}^{l(\hat{\sigma}\hat{\eta})} / v_{lm}^l \leq 0,8, \quad (1.5)$$

де $B_l = 1$ для денного часу оцінки, $B_l = 0,8$ для нічного часу оцінки; $v_{lm}^{l(\hat{\sigma}\hat{\eta})}$ – середнє квадратичне кореговане значення віброшвидкості фона, яке відповідає часу відсутності руху поїздів; v_{lm}^l – максимальні виміри значень віброшвидкості.

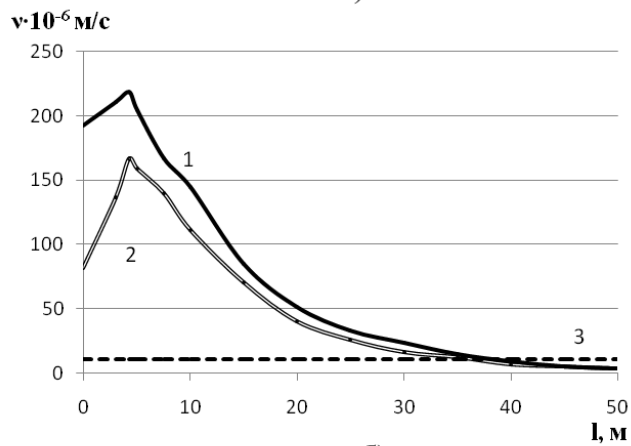
Розрахунок дав наступні результати:

Відстань 10 м: 16 Гц – $14 \cdot 10^{-6}$ м/с, що відповідає рівню у 48,9 дБ;
 31,5 Гц – $120 \cdot 10^{-6}$ м/с, що відповідає рівню у 67,6 дБ;
 63 Гц – $64 \cdot 10^{-6}$ м/с, що відповідає рівню у 62,1 дБ.
 Відстань 20 м: 16 Гц – $7,3 \cdot 10^{-6}$ м/с, що відповідає рівню у 43,3 дБ;
 31,5 Гц – $49 \cdot 10^{-6}$ м/с, що відповідає рівню у 59,8 дБ;
 63 Гц – $17 \cdot 10^{-6}$ м/с, що відповідає рівню у 50,6 дБ.

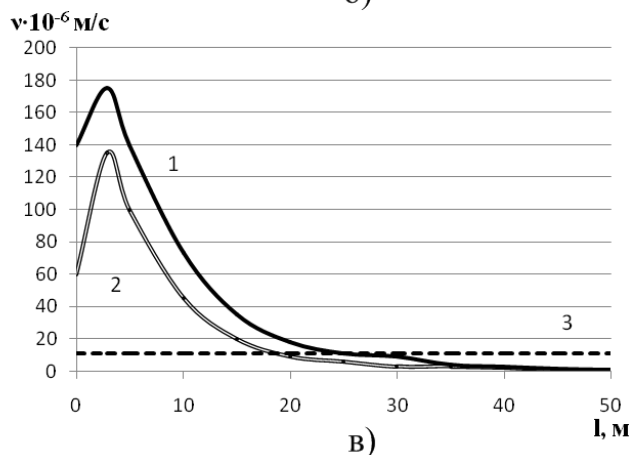
Рівень вібрації в приміщенні житлових будинків повинен відповідати СН 1304 [3] і не перевищувати 57 дБ у в октавних смугах із середньгеометричними частотами 31,5 Гц і 63 Гц. За проведеним розрахунком перевищення складають 4-18 % від граничнодопустимих рівнів.



а)



б)



в)

Рис. 1. Залежності максимальної величини вертикальної та горизонтальної складових віброшвидкості v від відстані до тунелю l у октавних діапазонах 16 Гц (а), 31,5 Гц (б), 63 Гц (в): 1 – вертикальна складова; 2 – горизонтальна складова; 3 – нормативне значення.

Бібліографічний список

1. Споруди транспорту. Метрополітени : ДБН В.2.3-7-2003. – [Чинний від 2004-01-01]. – К.: Мінбуд України, 2003. – 300 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Оценка вибрации при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов метрополитена: СП 23–105–2004. – [Введен в действие 09-03-2004] – М., 2004. – 42 с.
3. Санитарные нормы допустимых вибраций в жилых домах: СН 1304-75. – М, 1975. – 9 с.

Ярош Ю.С., студент кафедры геостроительства та геотехнологий, научный руководитель, к.т.н., доцент кафедры экономики и предпринимательства Шевчук Н.А., Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев, Украина

ДОБЫЧА БЛОЧНОГО КАМНЯ

Розглянуто процеси видобутку блочного каменю.

Рассмотрены процессы добычи блочного камня.

Processes block stone extraction.

Введение. Добыча блочного камня осуществляется в определенной последовательности путем чередования основных технологических процессов. При этом структура и содержание их на вскрышных и добычных работах имеют существенные различия.

Анализ литературных источников. Технологические процессы на вскрыше идентичны таковым на карьерах других отраслей. И здесь и там вскрышные породы, а также некондиционное полезное ископаемое разрушаются всплошную для облегчения последующей выемки, погрузки и транспорта. Отличие лишь в том, что на карьерах блочного камня во вскрышной грузопотоке дополнительно включаются отходы камнедобычи в виде окола и мелочи. В равной мере при комплексном использовании пород направляемая в отвал горная масса может быть использована для производства дополнительной продукции или направлена на иные общественно полезные цели. Ввиду штучного характера профильной каменной продукции технологические процессы при добыче блочного камня весьма специфичны. Главным здесь становится извлечь из массива породную отдельность без нарушения ее монолитности. Для этого постепенно увеличивают число плоскостей обнажения извлекаемой отдельности вплоть до полного устранения ее связи с массивом.

Цель работы. Анализ добычи, ее эффективность и суть добычи блочного камня.

Материалы и результаты исследований:

Классы горных пород по декоративности

Классы горных пород по декоративности	Ад
I (высокодекоративные)	Более 32 баллов
II (декоративные)	Свыше 23 до 32 баллов включительно
III (малодекоративные)	Свыше 15 до 23 баллов включительно
IV (недекоративные)	Менее 15 баллов

Долговечность декоративно-облицовочных камней

Категория долговечности	Название пород	Долговечность (теоретическая), лет		
		Начало разрушения	Угрожающее состояние	Окончательное разрушение
Весьма долговечные	Кварциты	650	Более 1500	
Долговечные	Граниты, габбро, диабазы и др.	220-350	650-1000	Более 1500
Средней долговечности	Белый мрамор, плотные известняки и доломиты	75-150	200-400	1200
Пониженной долговечности	Цветные мраморы, грубопористый известняк, гипс и др.	20-75	30-200	100-600

Группа блоков в зависимости от их объема

Наименование показателя	Группа блоков			
	I	II	III	IV
Объем блока м.куб.	Свыше 5,0	Свыше 3,0 до 5,0 включит.	Свыше 0,7 до 3,0 включит.	Свыше 0,3 до 0,7 включит.

Физико-механические свойства определяют технологию добычи и обработки камня, диапазон и направление его практического использования. ГОСТ 9479-98 определяет следующие требования к физико-механическим свойствам блочного камня.

Требования к физико-механическим свойствам блочного камня

Наименование горной породы	Значение				
	Средняя плотность кг/м ³ не менее	Водопоглощение % не более	Предел прочности при сжатии в сухом состоянии, МПа (кг/см ²) не менее	Снижение прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии % не более	Сопротивление удару, см, не менее
1	2	3	4	5	6
Породы прочные					
Гранит,гранодиорит, диорит,сиенит,граносиенит,мигматит, кварцевый порфир, кварцит	2500	0.75	120 (1200)	25	50
Породы среднепрочные					
Лабродорит,диабаз,порфирит, гнейс, серпентинит, габбро, габброанортозит, габбродиабаз, плотный базальт, тешенит, долерит, кварцевый песчаник	2500	0,75	80 (1800)	30	40
Андезит, дацит, трахит, липарит	Не нормируется		70 (700)	30	30
Мрамор, мраморизованный известняк, доломит, конгломерат, брекчия	2600	0,75	60 (1600)	30	30
Породы низкопрочные					
Пористый базальт, фельзитовый туф, песчаник	Не нормируется		40 (400)	30	20
Плотный известняк, плотный доломит, травертин	Не нормируется		25 (250)	35	20
Пористый известняк и доломит, ракушечник, туф вулканический (кроме фельзитового)	Не нормируется		10 (100)	35	Не нормируется
Гипсовый камень, ангидрит	Не нормируется		15 (150)	35	Не нормируется

В начале технологического цикла добычи (отработки заходки) массив имеет только две плоскости обнажения сообразно уступной форме фронта работ. Для создания дополнительных плоскостей обнажения, а также для ввода добычного оборудования требуется выполнить некоторый объем подготовительных работ: пройти врубовые (поперечные) траншеи и отрезные щели, пробурить установочные скважины и др. Все эти работы можно объединить в рамках первого по счету процесса — процесса подготовки массива к отделению камня.

Следующий процесс — собственно отделение камня от массива. Он на карьерах блочного камня является главенствующим и определяющим большую (до 80-90 %) часть затрат труда и средств. Этому процессу присуще многообразие способов отделения камня и соответствующих технических средств.

В ряде случаев процесс подготовки массива к отделению камня и сам процесс отделения совмещены технологически и во времени, причем первый носит подчиненный характер. Поэтому в дальнейшем оба эти процесса будут рассматриваться совместно под общим названием второго.

После того как породный блок структурно отделен, его предстоит извлечь для переработки или отгрузки. Процесс извлечения камня из массива отличается по своей сути от родственного процесса выемки на карьерах других отраслей: там в процессе выемки агрегатное состояние горных пород изменяется, происходит дополнительное их разрушение; соответственно этот процесс реализует выемочное экскавационное оборудование. Напротив, на карьерах блочного камня после структурного отделения последнего целостность его в процессе извлечения из массива не нарушается и не должна нарушаться, что требует совершенно иного извлекающего оборудования.

В технической литературе по блочному камню часто объединяют вышеуказанные первые два процесса под термином “подготовка блоков к выемке” (по аналогии с добычей других твердых полезных ископаемых), хотя он, как говорилось, не отражает сущность выполняемых работ в рассматриваемом производстве. Здесь больше подходит термин “подготовка камня к извлечению из массива”. Ему и будет отдаваться предпочтение в дальнейшем, а термин “подготовка к выемке” может использоваться как условный синоним.

Добыча товарных блоков на карьерах может производиться по одно-и двухстадийной технологическим схемам. По первой схеме отделенные от массива блоки извлекаются, грузятся и транспортируются для дальнейшей переработки. При двухстадийной схеме извлеченный монолит объемом 10-600 м³ и более подвергается последующей разделке на более мелкие товарные блоки в пределах рабочей зоны карьера; соответственно в технологической цепи возникает дополнительный процесс.

Последующие технологические процессы — погрузка, транспортирование и складирование блочной продукции — аналогичны соответствующим процессам на карьерах других отраслей, отличаясь лишь штучным характером и значительной массой грузов. Несравненно меньше, конечно, и объемы работ.

При отделении породных блоков и извлечении их из массива, а также при разделке монолитов на товарные блоки и пассивировке последних образуются отходы, подлежащие направлению в отвал. Тем самым они вливаются во вскрышной грузопоток.

Как отмечалось выше, карьеры блочного камня характеризуются многообразием применяемых технических средств и соответствующих технологий. Решающее влияние на их выбор оказывают физико-механические свойства пород и трещиноватость массива. Действуя совместно, природные и технологические факторы определяют трудозатраты на добычу камня и общую ее эффективность.

Выводы. Наряду с натуральными показателями эффективности (себестоимость продукции, прибыль, рентабельность и др.) в практике горного дела и научных исследованиях находит применение показатель относительной трудности добычи полезного ископаемого, охватывающий все технологические процессы. Применительно к карьерам

блочного камня определение его также имеет свою специфику, так как здесь отдельные процессы несопоставимы по трудоемкости.

Наиболее трудоемки и дороги процессы подготовки камня к извлечению и разделка его на товарные блоки. Их доля в себестоимости блочной продукции составляет 50-90%. Затраты на остальные процессы незначительно связаны со свойствами пород. Следовательно, оценку относительной трудности добычи блоков можно достаточно полно сделать по затратам на отделение монолитов от массива и их разделку. При этом следует учитывать то, что добыча блоков камня связана с получением монолитных кусков большого объема и массы, заданных размеров и формы. Это достигается за счет направленного разрушения породы, которое по трудоемкости значительно больше, чем сплошное разрушение. Отсюда следует, что общий показатель трудности разрушения породы, принятый для карьеров других отраслей, не подходит к карьерам блочного камня.

Докт. техн. наук А.И.Косолапов предложил оценивать относительную трудность добычи блоков по затратам общественно необходимого труда, которые можно рассчитать по формуле.

С помощью показателя относительной трудности добычи блоков можно в первом приближении предсказать эффективность той или иной технологии добычи камня в конкретных условиях.

Библиографический список

1. Лебедев И.Е. РАБОЧИЙ ПО ДОБЫЧЕ БЛОЧНОГО КАМНЯ / И.Е. Лебедев; ред. М.Е. Культэ. – Ленинград : Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1987.– 121 с.: ил.
2. Добыча блочного камня: Справочник, пособие / Б.Ф. Белецкий. – Донецк: «Донбас», 1976.
3. Лобачев Петр Владимирович / Блочный камень. 3-е изд., перераб и доп. М. - Стройиздат 1990.

УДК 622.35

О.В. Палій, магістрант, С.В. Кальчук, к.т.н., доцент (Житомирський державний технологічний університет)

ПРОБЛЕМИ НАКОПИЧЕННЯ КАМ'ЯНОЇ НЕКОНДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ КАР'ЄРІВ З ВИДОБУТКУ ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ

Розглянуто проблеми пов'язані з утворенням великої кількості некондиційних кам'яних відходів на кар'єрах блочного каменю. Запропоновано ряд заходів які дозволять скоротити об'єми твердих відходів гірничого виробництва і мінімізувати негативний вплив на довкілля, з урахуванням оптимізації площі відвалів.

It considers the problems associated with the formation of a large number of sub-standard waste in quarrying of stone block stone. A number of measures which will reduce the volume of solid waste mining production and minimize the negatives effects on the environment, considering optimization space dumps.

Вступ. Україна має в розпорядженні унікальну мінерально-сировинну базу облицювального каменю, оскільки розташована на Українському кристалічному щиті. Сьогодні Україна експортує сировинні блоки, напівфабрикати і готові вироби з граніту, габро, лабрадориту, піщанику, мармуру в 60 країн світу. Але значна частка споживання каменю з нашої країни припадає на Росію, країни СНД і Балтії, Польщу, Італію.

Актуальність дослідження. Нерегульоване використання мінерально-сировинних ресурсів країни при низькому рівні впровадження маловідходних і безвідходних технологій супроводжується утворенням значних мас відходів на різних стадіях видобутку сировини і виробництва товарної продукції, і в більшості випадків об'єм відходів перевищує кількість отримуваної продукції. Так, із загальної кількості природних матеріалів, що видобуваються, тільки близько 10-15 % переходить в кінцеву продукцію, а інші є відходами виробництва, що призводить до виникнення певних екологічних проблем і економічних втрат. Отже, виникає необхідність в розробці і впровадженні заходів щодо оптимізації використання некондиційної сировини як вторинного ресурсу.

Виклад основного матеріалу. Потужність розкривних порід на усіх родовищах блочного каменю в більшості своїй не перевищує 5,0 м. Представлені вони малопотужним ґрунтово-рослинним шаром, піщано-глинистими і суглинковими відкладами, корою вивітрювання материнських порід і сильно ураженими процесами вивітрювання кристалічними породами. Незмінні кристалічні породи, розвідані як корисна копалина, характеризуються незначною тріщинуватістю в приповерхневій частині геологічного розрізу. З глибиною тріщинуватість затухає, порода має більшу монолітність. Вихід блоків із видобутої гірської маси коливається від 20,0 до 60,0 % при розмірі монолітів від 0,5 до 27,0 м³. Середній об'єм видобутих блоків коливається від 1,0 до 4,0 м³ [1].

Згідно з Класифікатором відходів до некондиційної продукції відноситься продукція яка:

- не відповідає нормативним вимогам або не придатна для застосування за призначенням в результаті забруднення;
- не може бути регенована, відновлена або використана іншим способом по місцю її виробництва (утворення);
- підлягає обробці (переробці) на спеціалізованих підприємствах або продажі як вторинний матеріальний ресурс (сировина) [6].

За даними Міністерства економіки України щорічно в Україні утворюється близько 500 млн. т відходів виробництва і споживання, з яких приблизно 10-15 % використовуються як вторинні матеріальні ресурси, а інші потрапляють в сховища, шламонакопичувачі, терикони, відвали. Відходи займають площу приблизно 4% території України, а загальний їх об'єм досягає 30 млрд. т, витрати на складування і поховання яких складають в Україні близько 20 % собівартості продукції [5].

Можна виділити ряд проблем, якими обумовлено таке положення. Технологічні процеси виробництва більшості видів продукції, як правило, спрямовані не на комплексне використання сировини, а на вибіркоче використання окремих його компонентів. У існуючих техногенних родовищах знаходяться гірські породи, що містять корисну складову, переробка яких за відомих на період розробки родовища технологічних схемах була економічно недоцільною або в цей період були відсутні споживачі техногенної мінеральної сировини [4]. За результатами досліджень багатьох учених встановлено, що видобування і використання здійснюється не раціонально. Застосування застарілих методів видобування призводить до того, що лише третина отриманих корисних копалин використовується по прямому своєму призначенню, а дві третини потрапляють у відвали [7].

Ефективне рішення усього комплексу проблем, пов'язаних з перспективою переробки некондиційної сировини можливо тільки на основі реалізації закону України "Про відходи", яким передбачається, :

- будівництво цілого ряду заводів на базі типових модульних комплексів після утилізації і видалення твердих промислових відходів;
- знешкодження небезпечних місць розміщення твердих промислових відходів в об'ємах, визначуваних економічними і технологічними можливостями;
- розробка і впровадження технологічного устаткування [2].

Проте рішення цих завдань знаходиться у стадії теоретичного виконання.

Аналіз результатів науково-дослідницьких робіт свідчить, що практично усі види відходів виробництва і споживання можуть бути використані у сфері виробництва як вторинна сировина для отримання значної кількості різних видів готової продукції. Практика показує, що комплексне використання природних ресурсів, у тому числі вторинних, є ефективним джерелом задоволення потреб окремих галузей промисловості [3].

За даними наукових досліджень В. Г. Здановського, А.П. Пашкова і А.С. Есипенко [3], скорочення об'ємів твердих відходів гірничих підприємств і, як наслідок, мінімізація негативного впливу їх на навколишнє, техногенне і соціальне середовище може бути досягнуто за рахунок впровадження наступних заходів:

- ✓ проведення підземних гірничих робіт із закладкою виробленого простору, що забезпечить відсутність або мінімізацію відчуження земель ;

- ✓ селективне виймання гірських порід з надр і їх роздільне складування з метою подальшого застосування; особливо це стосується некондиційної сировини; використання твердих промислових відходів для виготовлення будматеріалів (для отримання штучної гальки і щебеню з наступним їх використанням як наповнювач бетонних сумішей, в будівництві мощених доріг, для отримання керамічних виробів і так далі);

- ✓ використання виробленого простору кар'єрів для розміщення промислових відходів [3].

Для реалізації цих заходів потрібне вдосконалення на рівні держави нормативної і законодавчої бази, а також усвідомлення підприємцями гірничовидобувної галузі необхідності впровадження ресурсозберігаючих технологій.

Висновки: На сьогодні Україна є одним з найбільших виробників блочної продукції міжнародній торгівельній арені, але в результаті цього утворюється велика кількість некондиційної сировини, яка займає великі площі земель. Некондиційна сировина містить корисну компоненту за об'ємом, використання і переробка якої як вторинної сировини є економічно вигідною.

В результаті досліджень були виявлені проблеми, пов'язані з утворенням великої кількості відходів гірничого виробництва, а саме некондиційної сировини блочних кар'єрів, з яких приблизно 15 % використовуються як вторинні матеріальні ресурси, а інші потрапляють у відвали. Це свідчить про те, що технологічні процеси виробництва більшості видів продукції, як правило, спрямовані не на комплексне використання сировини, а на вибіркове використання окремих його компонентів.

Проаналізувавши існуючі проблеми, було запропоновано ряд заходів, які дозволять оптимізувати площу відвалів і використовувати відходи після переробки блоків як вторинної сировини. Відходи після обробки блоків можуть використовуватися для виробництва будового каменю і будівельного щебеню з наступним їх використанням як наповнювач бетонних сумішей.

Таким чином, цілеспрямоване складування порід розкриття і відходів дозволить не лише забезпечити повноту використання надр, істотно зменшити темпи ушкодження довкілля, але і наблизитися до вирішення проблеми вторинного використання некондиційної сировини родовищ облицювального каменю.

Бібліографічний список

1. Загальна характеристика родовищ щебенів і облицювальних матеріалів. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ukrgeology.com.ua/ru/useful-information/8-reference/77-deposits-of-rubble-and-facing-materials.html>

2. Закон України „Про відходи”, № 187/98-ВР від 05.03.98. – К.,2009. – 30 с.

3. Здановський В.Г. Аспекти безпечної утилізації відходів гірничодобувної галузі / Здановський В.Г., Пашков А.П., Єсипенко А.С. // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://archive.nbu.gov.ua/portal/soc_gum/pop/2010_18/2010_18/opr14.pdf
4. Копач П.І. Аналіз процесу відходоутворення виробництва гірничо-металургійного регіону / Копач П.І., Чілій Д.В. // Екологія і природокористування. – 2012. - №15. – с.118-132.
5. Орфанова М.М. Еколого-технологічні аспекти зберігання та утилізації відходів / Орфанова М.М., Орфанова М.М., Пустогов В.І. // Прикарпатський вісник НТШ. Пульс. – 2010 - №4(12) – с. 113-118.
6. Розподіл витрат на некондиційну продукцію. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.visnuk.com.ua/ua/pubs/id/1665>
7. Тверді промислові відходи: джерела утворення та екологічні аспекти проблеми. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://osvita.ua/vnz/reports/ecology/21365/>

УДК 622.35

Г.О. Саленко, магістрантка, С.В. Кальчук, к.т.н., доцент (Житомирський державний технологічний університет)

КОМПЛЕКСНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ БУДІВЕЛЬНОЇ НЕКОНДИЦІЙНОЇ БЛОЧНОЇ СИРОВИНИ РОДОВИЩ ВИСОКОДЕКОРАТИВНОГО ОБЛИЦЮВАЛЬНОГО КАМЕНЮ

Наведено обґрунтування та аналіз способів здійснення комплексної утилізації відходів блочної каменю для групи кар'єрів певного родовища.

The ground and the analysis methods of making complex utilization of of waste stone block group the particular career deposit.

Вступ. На території Житомирської області діє значна кількість кар'єрів з видобутку будівельної кам'яної сировини. На цих підприємствах видобуваються різні гірські породи - граніти, гнейси, габро, габро-норити, лабрадорити, анортозити, кварцити, пісковики, із яких виготовляються облицювальні вироби, бутовий, бортовий і бордюрний камінь, дорожній і будівельний щебінь.

Можливість використання будівельних матеріалів в різних галузях народного господарства дозволяє здійснити переробку некондиційної блочної сировини з метою подальшого використання.

Актуальність дослідження. Відходи, що утворюються в процесі видобування блочної облицювального каменю, досягають в об'ємі 70-75% від гірничої маси. Це пов'язано в першу чергу з тим, що технологічні процеси виробництва, як правило спрямовані не на комплексне використання сировини, а на вибіркоче використання окремих більш якісних компонентів (блоків).

Питання комплексного використання мінеральних ресурсів є одним із актуальних сьогодні. Працями багатьох науковців (Білецький В.С., Смирнов В.О., Симоненко В.І.) доведена ефективність застосування різних промислових відходів у виробництві будівельних матеріалів. Наряду з сировинною проблемою при комплексній переробці відходів вирішується задача екологічного характеру (зменшується площа відвалів).

Виклад основного матеріалу. Найбільш достовірне визначення техніко-економічної ефективності комплексної переробки мінеральної облицювальної сировини можливе лише на основі підрахунку витрат собівартості всіх видів продукції. Витрати на продукцію повинні розподілятися ще таким чином, щоб стимулювати виробництво декількох видів високоякісної продукції із одночасним досягненням рівномірного зниження втрат на всіх стадіях комплексної переробки.

Для комплексного використання відходів на Букинському родовищі габро, яке розробляється групою кар'єрів (Буки –I, Буки – II, Буки - III) можна використовувати комплекс первинного дроблення породи. Перевагою використання даного дробильного комплексу є швидкість дроблення породи на щєбінь, а також висока пропускна спроможність. Але разом з тим низкою суттєвих недоліків є:

- 1) загальний вихід подрібненої маси розмірами 0-150 мм;
- 2) необхідність вторинного дроблення породи для отримання менших фракцій;
- 3) тривалий період простою комплексу, через невеликий об'єм перероблюваної сировини (з трьох кар'єрів близько 1 тонни на день).

Більш економічно вигідним є використання для переробки відходів з групи кар'єрів ПДСУ (пересувна дробильно-сортувальна установка). Техніко-економічною перевагою даного комплексу є утворення в кінцевому етапі різних фракцій без додаткового дроблення (40-70; 20-40; 5-20; 0-5 мм). Така особливість дає змогу відразу постачати продукцію на ринок. Також забезпечується потрібна пропускна здатність установки, що є більш ефективним в порівнянні з використанням габаритного комплексу первинного дроблення.

Враховуючи усі переваги ПДСУ, для групи кар'єрів Житомирської області краще використовувати для переробки блочної сировини МДСУ (мобільна дробиль-сортувальна установка) через її компактність та удосконаленість обладнання.

Використання МДСУ в першу чергу призведе до зменшення перевантажень і транспортування корисної копалини. Первинне дроблення можливо проводити безпосередньо у вибої, забезпечуючи завантаження гірської маси безпосередню в приймальний бункер. Далі дроблений продукт подається в дробарку вторинного дроблення і на сортування. Застосування даної технології дозволяє позбутися перевантажень і зменшити використання автотранспорту, а частина транспортування в собівартості готової продукції може досягати половини всіх виробничих витрат.

МДСУ являє собою машину на гусеничному ході з встановленою дробаркою (конусною, щоквою, роторною), живильником, грохотом і пультом управління.

Отже, для переробки відходів некондиційної блочної сировини на Букинському родовищі габро за техніко-економічним аналізом доцільніше використовувати мобільну дробильно-сортувальну установку, орендовану на певні проміжки часу, коли накопичується значна кількість відходів (рис. 1.).

Наступним етапом є розміщення даної установки виходячи з об'ємів видобування і відходів групи кар'єрів різного господарського підпорядкування. Враховуючи те, що на розглянутих кар'єрах відходи знаходяться, як у внутрішніх, так і зовнішніх відвалах, основним показником для розміщення МДСУ є об'єм відходів.

Висновки: Таким чином, для переробки відходів будівельної некондиційної блочної сировини на родовищі Букинського габро краще за техніко-економічними показниками буде використання МДСУ. Дробильну установку більш вигідно буде орендувати на певний проміжок часу. За рахунок цього можна зменшити витрати на її закупку і швидше отримувати прибуток від реалізованої сировини.

Крім того встановлено, що найкращі техніко-економічні показники комплексного використання відходів досягаються при кооперації групи кар'єрів, оскільки потоки, що надходять на переробку за обсягами будуть відповідати номінальній завантаженості переробного комплексу та дозволять зменшити кількість простоїв орендованої високопродуктивної техніки. При цьому завдяки скороченню часу та відстані транспортування відходів на переробку значно знижується собівартість кінцевого продукту.

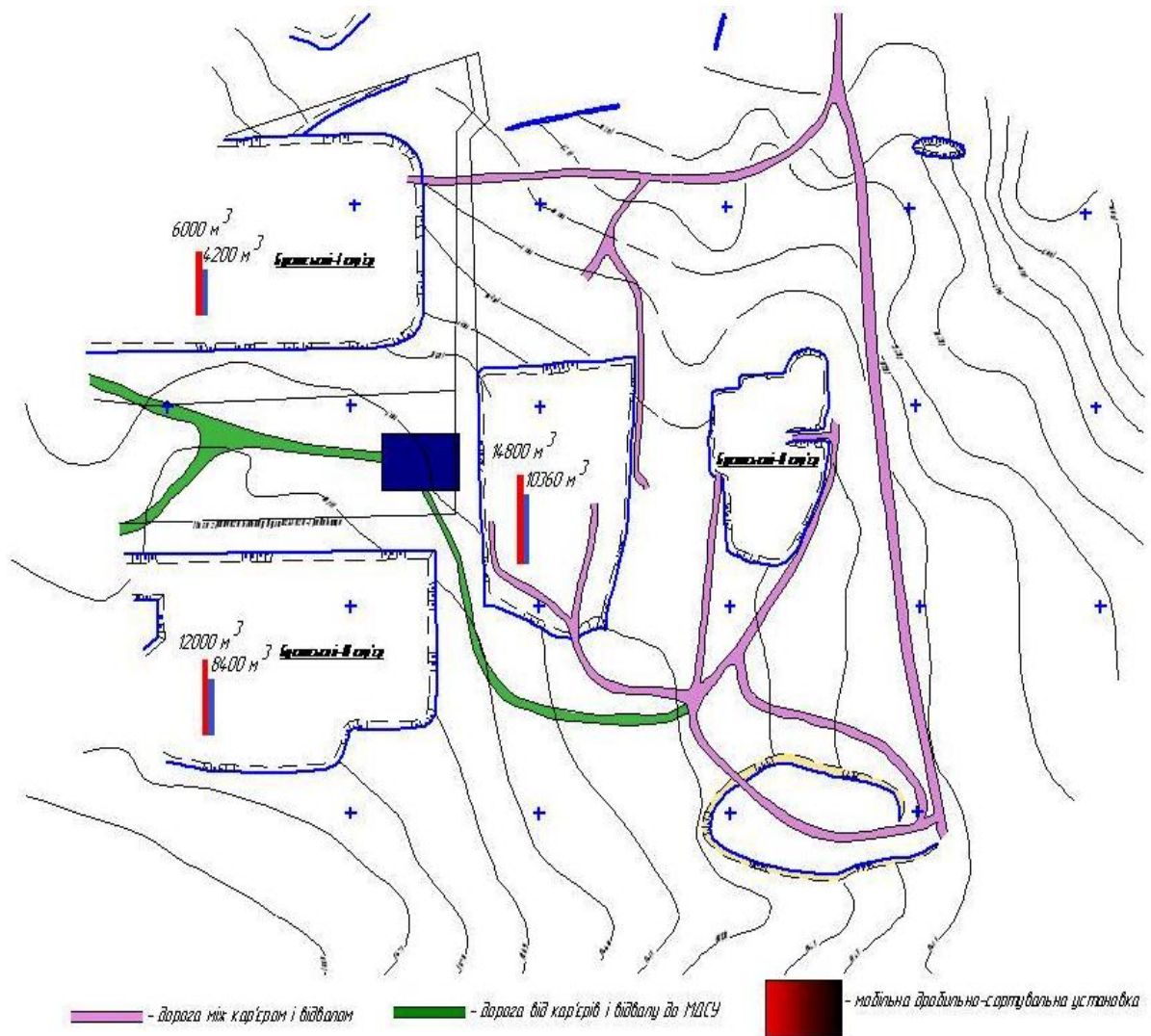


Рис. 1. Схема розміщення МДСУ

Бібліографічний список

1. Бычков Г.В. Направления повышения эффективности технологий добычи и обработки природного камня на Урале. Дисс. ... докт. техн. наук. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 2003. – 385 с.
2. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Учебник для вузов. В 2-х частях. Часть 2. Технология и комплексная механизация. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 549 с.
3. Солод В.И., Гетопанов В.Н., Рачек В.М. Проектирование и конструирование горных машин и комплексов. Учебник для вузов. – М., Недра, 1982, 350 с.

К ВОПРОСУ О РАСЧЕТЕ БЕТОННОЙ КРЕПИ ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

В горностроительной практике особое место по функциональной значимости и технологической специфике занимают вертикальные стволы. Роль этих выработок в период строительства и эксплуатации шахты колоссальна: их используют для выдачи на поверхность полезного ископаемого и породы; для спуска-подъема людей, материалов и оборудования; для нужд вентиляции, водоотлива, дегазации и т.д. Таким образом, приобретает исключительную важность проблема обеспечения бесперебойной работы стволов, которая во многом определяется надежностью их постоянной крепи. В последние 30-40 лет большинство стволов в нашей стране сооружалось с применением совмещенной схемы по буровзрывной технологии. Наибольшее распространение в качестве материала крепи получил монолитный бетон при круглой форме поперечного сечения.

В работах [1, 2] показано, что радиус внутреннего контура крепи (радиус в свету) не является постоянным даже в пределах одного и того же поперечного сечения. Это означает, что форма опалубки отклоняется от круглой (проектной). При этом ось опалубки может не совпадать с осью ствола вследствие ошибок маркшейдерских измерений. В работе М.В. Прокоповой установлено, что в силу влияния различных факторов при сооружении ствола опалубка приобретает форму близкую к эллипсу, отношение полуосей которого растет с диаметром и глубиной ствола [2]. Расчеты, проведенные для различных условий проходок, показали, что в местах максимального утонения крепи наблюдается довольно значительное увеличение (концентрация) опасных нормальных тангенциальных напряжений. При выполнении расчетов предполагалось, что форма внешнего контура крепи совпадает с проектной (круглой).

В результате изучения свыше 70 журналов проходок авторами установлено, что в ряде случаев форма внешнего контура крепи, определяемая результатами ведения взрывных работ, весьма близка к эллиптической, т.е. радиус ствола в проходке также не постоянен.

Из сказанного выше очевидно, что при расчетах параметров НДС крепи обязательно должны быть учтены возможные отклонения ее формы от проектной. На первом этапе необходимо установить расчетную схему задачи. При известных размерах полуосей эллипсов внешнего (a_0 , b_0) и внутреннего (a_1 , b_1) контуров крепи (рис. 1), величина угла α между направлениями соответствующих полуосей будет случайной. Центры эллипсов O и O_1 в общем случае могут не совпадать вследствие ошибок маркшейдерских измерений (Δ). Таким образом, должно быть выбрано такое взаимное положение эллипсов внутреннего и внешнего контуров крепи при котором толщина крепи будет минимальной, что соответствует наиболее «опасному» расчетному случаю. По мнению авторов, данная задача представляет интерес с математической точки зрения и может быть решена несколькими способами. Одно из возможных решений с применением метода множителя Лагранжа приведено ниже.

На рис. 1 O – центр наружного контура (далее наружного эллипса), принят за центр основной системы координат XOY , в которой уравнение наружного эллипса:

$$\frac{x^2}{a_0^2} + \frac{y^2}{b_0^2} = 1$$

$O_1(x_0, y_0)$ – центр внутреннего эллипса (внутреннего контура сечения крепи). Эта точка принята за центр новой системы координат $X_1O_1Y_1$, полученной

параллельным переносом основной системы с последующим ее поворотом против часовой стрелки на угол α . В новой системе координаты произвольной точки обозначим (x_1, y_1) . Отсюда уравнение внутреннего эллипса в системе координат $X_1O_1Y_1$ имеет вид:

$$\frac{x_1^2}{a_1^2} + \frac{y_1^2}{b_1^2} = 1$$

Координаты новой системы с координатами основной системы связаны формулами:

$$\begin{aligned} x_1 &= (x - x_0) \cos \alpha + (y - y_0) \sin \alpha, \\ y_1 &= -(x - x_0) \sin \alpha + (y - y_0) \cos \alpha. \end{aligned}$$

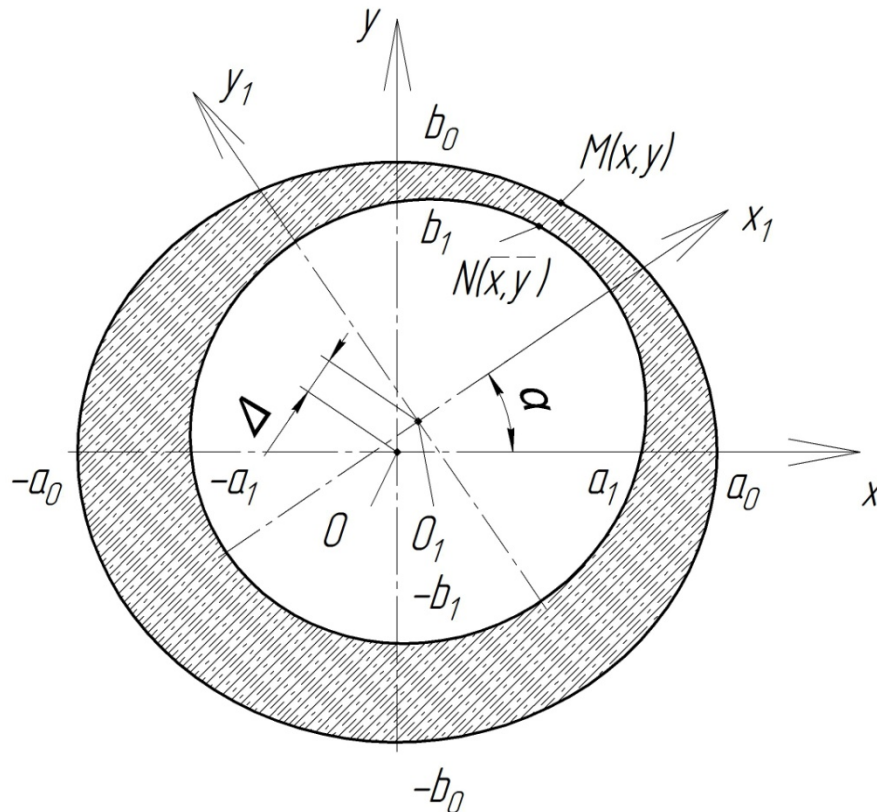


Рис. 1. Схема к определению минимальной толщины крепи

Возьмем на наружном эллипсе произвольную точку $M(x, y)$, а на внутреннем эллипсе произвольную точку $N(\bar{x}, \bar{y})$. Т.к. (\bar{x}, \bar{y}) – координаты произвольной точки внутреннего эллипса в основной системе координат XOY , то его уравнение в этой системе координат имеет вид:

$$\frac{[(\bar{x} - x_0) \cos \alpha + (\bar{y} - y_0) \sin \alpha]^2}{a_1^2} + \frac{[-(\bar{x} - x_0) \sin \alpha + (\bar{y} - y_0) \cos \alpha]^2}{b_1^2} = 1.$$

Квадрат расстояния между точками $M(x, y)$ и $N(\bar{x}, \bar{y})$ равен:

$$u = \delta^2 = (x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2.$$

Задача заключается в нахождении на указанных эллипсах таких точек $M(x, y)$ и $N(\bar{x}, \bar{y})$, при которых расстояние между ними будет наименьшим. Это задача условного экстремума для функции четырех переменных x, y, \bar{x}, \bar{y} с двумя уравнениями связи:

$$\varphi_1(x, y) = \frac{x^2}{a_0^2} + \frac{y^2}{b_0^2} - 1 \quad \text{и} \quad \varphi_2(\bar{x}, \bar{y}) = \frac{[(\bar{x} - x_0) \cos \alpha + (\bar{y} - y_0)]^2}{a_1^2} + \frac{[-(\bar{x} - x_0) \sin \alpha + (\bar{y} - y_0) \cos \alpha]^2}{b_1^2} - 1.$$

Эта задача решается методом множителей Лагранжа. Функция Лагранжа для этого случая:

$$\begin{aligned} \Phi(x, y, \bar{x}, \bar{y}, \lambda_1, \lambda_2) = & (x - \bar{x})^2 + (y - \bar{y})^2 + \lambda_1 \left(\frac{x^2}{a_0^2} + \frac{y^2}{b_0^2} - 1 \right) + \\ & + \lambda_2 \left(\frac{[(\bar{x} - x_0) \cos \alpha + (\bar{y} - y_0)]^2}{a_1^2} + \frac{[-(\bar{x} - x_0) \sin \alpha + (\bar{y} - y_0) \cos \alpha]^2}{b_1^2} - 1 \right). \end{aligned}$$

Необходимое условие условного экстремума выражается следующей системой уравнений:

$$\Phi'_x = 2(x - \bar{x}) + \lambda_1 \frac{2x}{a_0^2} = 0, \quad (1) \quad \Phi'_y = 2(y - \bar{y}) + \lambda_1 \frac{2y}{b_0^2} = 0, \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \Phi'_x = -2(x - \bar{x}) + \lambda_2 \left(\frac{2[(\bar{x} - x_0) \cos \alpha + (\bar{y} - y_0) \sin \alpha] \cos \alpha}{a_1^2} - \right. \\ \left. - \frac{2[-(\bar{x} - x_0) \sin \alpha + (\bar{y} - y_0) \cos \alpha] \sin \alpha}{b_1^2} \right) = 0, \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi'_y = -2(y - \bar{y}) + \lambda_2 \left(\frac{2[(\bar{x} - x_0) \cos \alpha + (\bar{y} - y_0) \sin \alpha] \sin \alpha}{a_1^2} + \right. \\ \left. + \frac{2[-(\bar{x} - x_0) \sin \alpha + (\bar{y} - y_0) \cos \alpha] \cos \alpha}{b_1^2} \right) = 0, \quad (4) \end{aligned}$$

$$\Phi'_{\lambda_1} = \frac{x^2}{a_0^2} + \frac{y^2}{b_0^2} - 1 = 0, \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \Phi'_{\lambda_2} = \frac{[(\bar{x} - x_0) \cos \alpha + (\bar{y} - y_0) \sin \alpha]^2}{a_1^2} + \\ + \frac{[-(\bar{x} - x_0) \sin \alpha + (\bar{y} - y_0) \cos \alpha]^2}{b_1^2} - 1 = 0. \quad (6) \end{aligned}$$

Исключая из (1) и (2) λ_1 , а из (3) и (4) λ_2 , получаем нелинейную систему из четырех уравнений:

$$\begin{cases} (a_0^2 - b_0^2)xy - a_0^2\bar{x}y + b_0^2x\bar{y} = 0, \\ b_0^2x^2 + a_0^2y^2 - a_0^2b_0^2 = 0, \\ k_1b_0^2x\bar{x} + k_2b_0^2x\bar{y} - a_0^2k_3\bar{x}y + k_1a_0^2y\bar{y} - b_0^2(k_1x_0 + k_2y_0)x + \\ + a_0^2(k_3x_0 + k_1y_0)y = 0, \\ k_3(\bar{x} - x_0)^2 + 2k_1(\bar{x} - x_0)(\bar{y} - y_0) + k_2(\bar{y} - y_0)^2 - a_1^2b_1^2 = 0. \end{cases}$$

Здесь через k_1, k_2, k_3 обозначены следующие выражения:

$$k_1 = (b_1^2 - a_1^2) \sin \alpha \cos \alpha, \quad k_2 = b_1^2 \sin^2 \alpha + a_1^2 \cos^2 \alpha, \quad k_3 = b_1^2 \cos^2 \alpha + a_1^2 \sin^2 \alpha.$$

Решения системы представляют четверки чисел (x, y, \bar{x}, \bar{y}) , являющиеся стационарными точками для функции Лагранжа. Для случая, изображенного на рисунке, в первой четверти имеется только один случай экстремума (минимум расстояния между точками на наружном и внутреннем эллипсах). Поэтому стационарная точка (x, y, \bar{x}, \bar{y}) ,

составленная из координат точек $M(x, y)$ и $N(\bar{x}, \bar{y})$ первой четверти, определяет минимальное расстояние между точками на наружном и внутреннем эллипсах.

Решение системы в общем виде не представляется возможным, а потому производится численными методами (например, в MathCAD 15) в каждом конкретном случае.

Библиографический список

1. Быкова О.Г. Расчет крепи вертикальных шахтных стволов с учетом ее переменной толщины: дис. канд. техн. наук: 05.15.11 / ВНИМИ. – С.-Петербург, 1997. – 182 с.
2. Прокопова М.В. Обоснование параметров крепи и жесткой армировки глубоких вертикальных стволов с учетом фактических отклонений от проекта в процессе проходки: автореф. дис. канд. техн. наук: 25.00.22 / ЮрГТУ. – Новочеркасск, 2004. – 24 с.

*Орлов М.В., студ. 2 курсу, Самарцев І.В., студ. 2 курсу, Ваннічна В.В., к.т.н., доц.
(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»),
м. Київ)*

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ РОТОРНИХ ЕСКАВАТОРІВ ПРИ РОЗРОБЦІ ВІДКРИТИМ СПОСОБОМ

В роботі представлено дослідження та опис роботи роторних екскаваторів, обґрунтовані їх переваги при виконанні розкривних і видобувальних робіт. Досліджено класифікацію, конструкцію і технічні характеристики роторних екскаваторів.

Вступ. В 1884 році американський інженер Ч. Сміт отримав патент на екскаватор с 2 роторними колесами, розташованими симетрично щодо конвеєра. Перший роторний екскаватор був виготовлений в Німеччині в 1916 році фірмою «Humboldt » за патентом французького інженера Г. Швандер. Найбільший у світі 14200 -тонний роторний ковшовий екскаватор Bagger 293 був змонтований при відкритій розробці бурого вугілля в Гамбахе (ФРН). Його продуктивність сягала 240 тис. м³ вугілля за 24 - годинний робочий день, довжина - 220 м, висота - 96 м, 20 ковшів, ємність ковша - 15 м.

Роторний екскаватор використовується для розкривних робіт, видобутку ґрунту. Ці види робіт вони можуть виконувати або верхнім чи нижнім черпанням. Землерийні машини такого типу використовують для транспортування порід або копалин, риття каналів, копання траншей, навантаження породи або видалення її у відвал.

Роторний екскаватор має більш високий ККД, а отже, розробка ґрунтів стає менш витратною, але більш продуктивною. Кількість осипок з ковша у таких моделей значно менше, спорожнення ковша краще, а це теж збільшує продуктивність і знижує енерговитрати.

Роторний екскаватор може мати рейково-крокуючий або гусеничний хід. Для видалення або розтину породи, споруди відвалів, вантаження та інших робіт він обладнаний стрілою (висувною або невисувною).

Роторний екскаватор працює з ґрунтом або породою ковшами, які укріплені на колесі (роторі). Ротор, у свою чергу, обертається в тому напрямку, який найбільш ефективно для контакту з забоєм. Для верхнього черпання – цей напрям збігається з

напрямом годинникової стрілки, для нижнього – протилежно. Застосовується на породах і вугіллі малої й середньої міцності.

Мета статті - представити технічні характеристики роторних екскаваторів і обґрунтувати ефективність їх використання.

Основними характеристиками роторних екскаваторів є: діаметр роторних коліс - до 18 м, місткість ковша - до 12 500 л, продуктивність - більше 10 000 м³ / год, висота розробки - до 50 м, глибина копання - до 25 м.

Роторні поворотні екскаватори застосовуються для виробництва великих обсягів розкривних робіт, а також для робіт з видобутку корисних копалин.

Робочим органом такого екскаватора є ротор з ковшами, встановлений в кінці гратчастої ферми. Стріли, врівноважуються протилежною консоллю. Екскаватор має поворотну платформу, що дозволяє вести кругову розробку ґрунтів. Ротори виконуються діаметрами від 2 до 16 м з 6-12 ковшами ємкістю до 4500 л.

Ковші ротора ріжуть і набирають ґрунт при обертанні, рухаючись знизу вгору. Зрізаний ковшами ґрунт вивантажується на стрічку транспортера, змонтованого усередині ферми (стріли), і далі на відвальні транспортери.

При розробці ґрунту поворотний роторний екскаватор стоїть на місці. Після того, як ротор розробить ґрунт по дузі радіусом, рівним вильоту, екскаватор переміщається далі за допомогою гусеничних візків.

Поворотні роторні екскаватори можуть розробляти ґрунт як вище, так і нижче стоянки машини. Максимальна висота копання в цьому випадку може досягати 50 м, а глибина копання зазвичай складає 0,1-0,2 цієї величини.

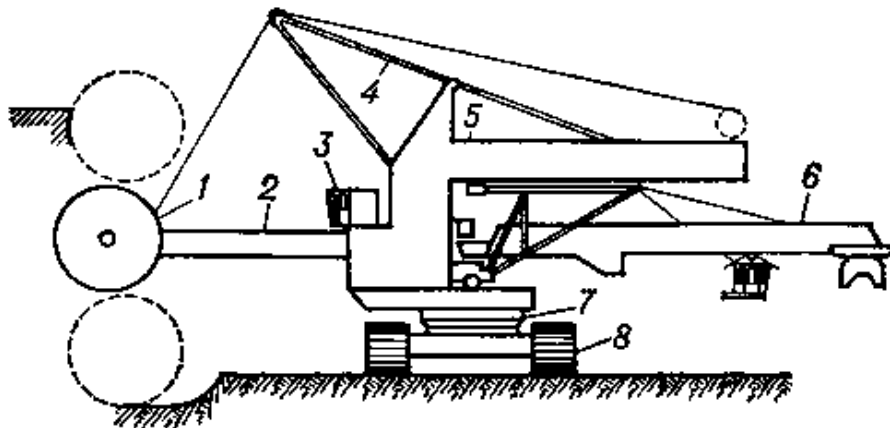


Рис. 1. Схема роторного екскаватора ЭР-1250 16/1,5 Д: 1 — роторне колесо; 2 — стріла ротора; 3 — кабіна; 4 — пілон; 5 — верхня будова; 6 — розгрузочний конвейер; 7 — поворотна платформа; 8 — гусеничний хід.

Бібліографічний список

1. Станковский А.П. Строительные машины и их эксплуатация / А.П.Станковский, И.П. Барсов. – М. : Строиздат, 1971. – 368 с.
2. Интернет ресурс <http://stroy-technics.ru/>
3. Подэрни Р.Ю. Механічне устаткування кар'єрів: Посіб. для вузів. – 5-те вид., перер. і доп. – М.: Видавництво Московського державного гірничого університету, 2003. – 606 с.
4. Бритарев В.А. Горные машины и комплексы: учеб. пособие для техникумов / В.А. Бритарев, В.Ф. Замышляев. – М.: Недра, 1984. – 288 с.

Стовпник С.М., к.т.н., доц., Медяник В.І., студент гр. ОС-21, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ.

ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БУДІВНИЦТВА ЕСКАЛАТОРНОГО КОМПЛЕКСУ СТАНЦІЇ «ЛЬВІВСЬКА БРАМА» БЕЗ ЗАСТОСУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНИХ СПОСОБІВ

У даній статті розглянута технологія будівництва ескалаторних тунелів із застосуванням тунелепрохідницьких механізованих комплексів, наведені умови застосування та переваги даного способу над традиційними технологіями проходки ескалаторних тунелів.

This article describes the technology of building escalator tunnels using tunnel boring mechanized complexes. also given the conditions of application and advantages of this method over conventional technologies penetration escalator tunnels.

Ключові слова: похилий тунель, ґрунти, деформації, обробка.

Вступ. Львівська брама" - станція на Сирецько-Печерській лінії метрополітену (рис.1), яка до цих пір не відкрита, а будівництво її заморожено. Територіально станція розташована під дворами поряд з Львівською площею. Відстань від "Львівської брами" до "Золотих воріт" - 1461 м; до "Лук'янівської" - 1639 м. Згідно з проектом, довжина похилого тунелю в цілому складе 62 м, діаметр - майже 11 м, глибина залягання близько 90 м. За проектом вихід зі станції знаходиться на вул. Воровського, що пролягає від Львівської площі до площі Перемоги. Запроектований вихід буде споруджений в ядрі міського центру, в першій зоні містобудівної цінності. Для такої зони характерна малоповерховість. Середня поверховість навколишніх будівель дорівнює чотирьом поверхам.

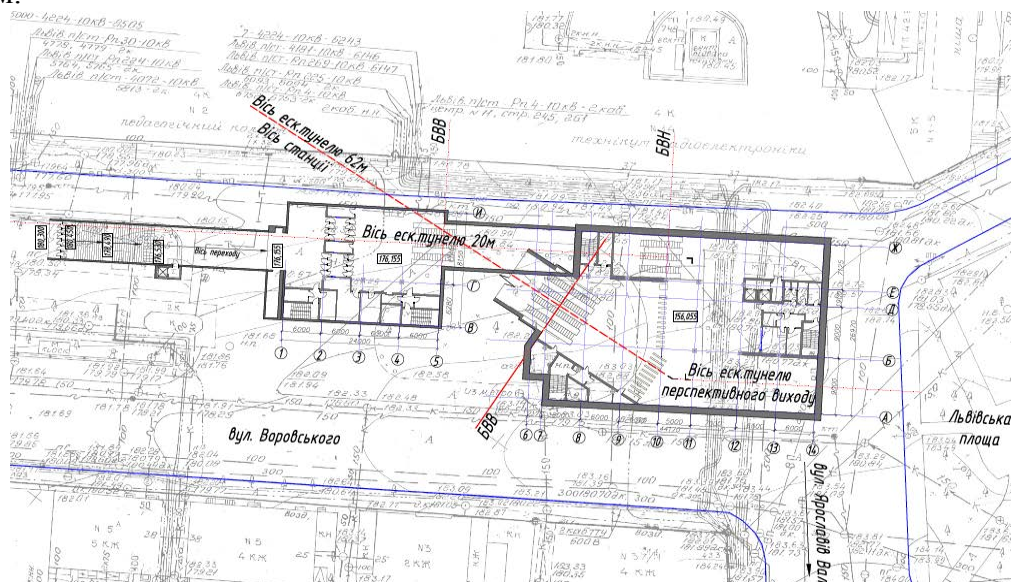


Рис.1 – Генеральний план виходу ст. «Львівська брама»

Спорудження виходу ст. «Львівська брама» дасть можливість розвантажити вулиці від громадського транспорту та заощадити час багатьом людям, які працюють і живуть в цьому районі.

Аналіз літературних джерел. Будівництво ескалаторних тунелів із застосуванням тунелепрохідницьких механізованих комплексів - нове слово у світовій практиці

підземного будівництва. Перша пробна механізована проходка похилого ходу була проведена в Москві (ескалаторний тунель - другий вихід станції « Мар'їна роща ») [101]. Потім в Санкт -Петербурзі були побудовані ескалаторні тунелі станцій « Обвідний канал», «Адміралтейська», «Спаська». Застосування тунелепрохідницьких комплексів з ґрунтопривантаженням забою - єдина на сьогоднішній день технологія, що дозволяє здійснювати проходку з незначною осадкою в слабких обводнених ґрунтах [1, 2] .

Мета роботи - обґрунтування технології спорудження похилого ходу в комбінуванні з проміжним підземним вестибюлем без застосування заморожування ґрунтів.

Викладення основного матеріалу. Через велику глибину закладення на "Львівській брамі" передбачається будівництво двох ескалаторних тунелів з проміжним вестибюлем.

На підставі інженерно-геологічних вишукувань, що робилися шляхом буріння свердловин з відбором зразків порід був побудований геологічний розріз по осі нижнього ескалаторного тунелю (рис.2). З якого видно, які види ґрунтів залягають на території будівництва.

Місцями глини розмиті й заміщені четвертинними відкладеннями. Відкрита потужність відкладень полтавської свити до 19,0 м.

Флювіогляційні відкладення четвертинного періоду представлені шаруватими пісками, супісками, Літологічне описання флювіогляційних відкладень наступне: пісок жовтий, темно-коричневий від пилюватого до мілкого, місцями з прошарками супіску, пухкий у верхній частині шару та середньої щільності, маловологий, вологий; пісок жовтий, світло-жовтий від пилюватого до мілкого, насичений водою, середньої щільності; супісок жовто- сірий, з прошарками піску та суглинку, з залишками органічних речовин, місцями замулений, текучий; пісок жовтий і сірий, мілкий, щільний, насичений водою. Загальна потужність флювіогляційних відкладень досягає 30м.

Насипні ґрунти суцільним чохлам покривають флювіогляційні відкладення й представлені пісками, супісками, суглинками з включеннями будівельного та побутового сміття. Потужність насипних ґрунтів від 1,0, до 3,0 м.

Для того щоб у таких умовах на порівняно невеликій довжині тунелю (звичайно не більше 100 м) не змінювати способи проходки і забезпечити повну безпеку ведення робіт, ескалаторні тунелі споруджують, як правило, з попереднім штучним заморожуванням ґрунтів.

Застосування попереднього заморожування ґрунтів по всій довжині похилого тунелю дозволяє навіть в пливунних ґрунтах вести роботи в сухому забої без водовідливу. Однак при великій потужності стійких, хоча і водоносних, ґрунтів може виявитися економічно не вигідним попереднє їх заморожування. У такому випадку слід розглянути варіант проходки тунелю з зустрічною дренажною штольнію. Проходку такої штольні ведуть з станційних виробок знизу вгору на рівні лотка ескалаторного тунелю. Наявність попередньо пройденої штольні дозволяє не тільки вести роботи в повністю осушених ґрунтах, але і розділити транспортні операції: зверху по похилому тунелю подають тубінги, розчин для нагнітання, кріпильний ліс та інші матеріали, а розроблений в забої ґрунт направляють вниз по штольні і через бункер - в вагонетки і до ствола. Однак проходка випереджаючої штольні вельми трудомістка, потребує додаткового часу та коштів. Тому в деяких випадках (наприклад , при перетині тунелем окремих водоносних горизонтів) технічно доцільно і економічно ефективно осушувати забій трьома - чотирма похилими дренажними свердловинами діаметром 200-300 мм , пробуреними з поверхні землі в лоткову частину майбутнього ескалаторного тунелю паралельно його осі з виходом їх на рівень станційного тунелю в попередньо пройдену допоміжну виробку. У межах водоносного горизонту труби обладнують фільтрами. Дренажні свердловини можна бурити і з вибою похилого тунелю , коли він наблизиться до позначки водоносного горизонту .

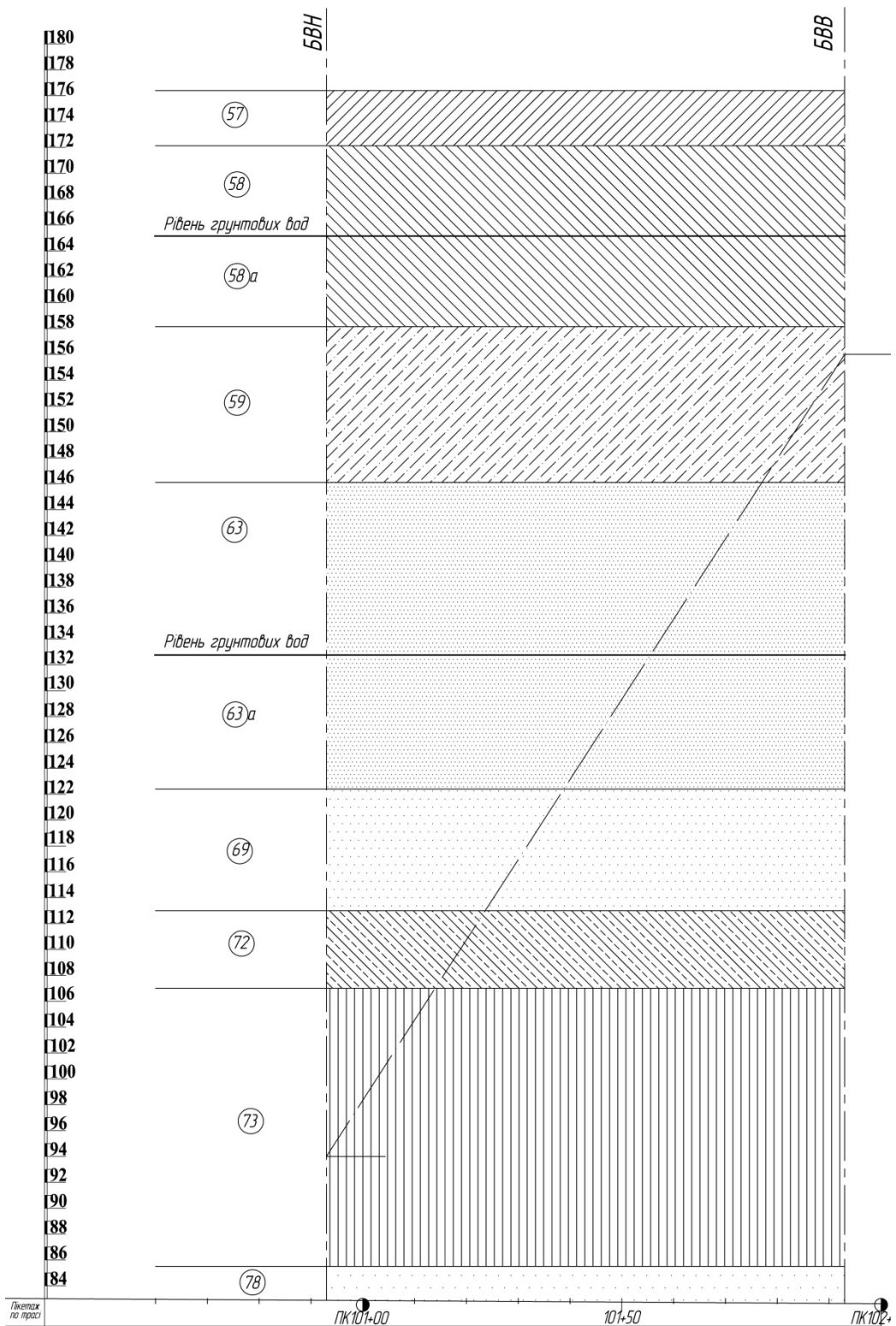


Рис.2 – Геологічний розріз по осі ескалаторного тунелю 62 м:

57 – глина бура, тугопластична; 58 – глина строката від темно – бурої до голубо вато – сірої, тугопластична, напівтверда, в'язка; 58а – глина строката, насичена водою; 59 – глина піщаниста; 63 – пісок мілкий, вологий; 63а – пісок мілкий, насичений водою; 69 – пісок пілуватий, насичений водою; 72 – суглинок м'яко - та тугопластичний; 73 – глина спондилова; 78 – пісок мілкий, щільний, маловологий.

Технологія проходки ескалаторних тунелів має багато спільного з технологією проходки горизонтальних виробок способом суцільного забою з монтажем обробки укладальником, але ускладнюється через нахил тунелю під кутом 30 °. Проходка з таким

ухилом вимагає спеціального обладнання для монтажу обробки, навантаження і транспорту ґрунту, істотно ускладнюючи виконання прохідницьких і монтажних операцій. Так, трудомісткість більшості їх збільшується на 30 %, а витрати праці на розробку і навантаження ґрунту у вибої в 1,5-2 рази перевершують трудовитрати на виконання аналогічних робіт у горизонтальних виробках [4].

Враховуючи закордонний досвід зведення похилого ходу можна прийти до висновку, що використання тунелепрохідницьких механізованих комплексів дає можливість знизити вплив гірничих робіт на ґрунтовий масив, а значить, і на земну поверхню [5, 6, 7]. До переваг нової технології відносяться також і високі темпи проходки похилого тунелю. У числі найбільш серйозних недоліків слід згадати високу вартість будівництва і необхідність виконання ряду допоміжних робіт (будівництво стартового котловану, монтаж - демонтаж ТПМК, спорудження шпунтової огорожі і т.д.).

Принцип дії ТПМК, який дозволяє забезпечувати надійну і безаварійну проходку ескалаторних тунелів у штатному режимі, заснований на утриманні вибою в стабільному стані при його розробці. Це реалізується створенням з боку щита активного ґрунтового привантаження, що сприймає діючий тиск водонасиченого нестійкого ґрунту. В якості привантаження використовується відокремлюваний від породного масиву ґрунт, що знаходиться в привибійній герметично ізольованій головній камері щита. Ґрунт в камері перетворюється на рухливу, зв'язну і однорідну масу шляхом кондиціонування з піною, пластифікуючими і стабілізуючими матеріалами.

При застосуванні технології ґрунтового привантаження одночасно з розробкою вибою, просуванням щита та видачею ґрунтової маси з привибійного простору підтримується необхідний тиск привантаження в приймальній камері. Цей консолідований процес здійснюється з використанням щитового шнекового транспортера.

Головним прохідницьким агрегатом ТПМК є механізований щит з роторним робочим органом і активним ґрунтовим привантаженням забою. Важливою особливістю ґрунтопривантаження є збереження традиційної системи видачі розробленого ґрунту у вигляді пластичної ґрунтової маси, придатної для перевезення за допомогою колісного транспорту. У цьому полягає суттєва перевага в порівнянні з застосуванням гідропривантаження вибою, що потребує наявності сепараційного заводу.

ТПМК оснащений унікальною багатофункціональною автоматизованою навігаційною лазерною системою, що дозволяє здійснювати ведення щита в заданому напрямку. При цьому можливе плавне виправлення відхилень комплексу за допомогою автоматичного розрахунку випереджаючої корегуючої кривої руху щита. Крім того, система забезпечує завдання проектного положення монтажного кільця клинної обробки з урахуванням поточного просторового положення щита.

Важливою складовою частиною конструкції тунелепрохідницького механізованого комплексу є:

а) система нагнітання тампонажного двокомпонентного розчину через хвостову оболонку за обробку з відповідним комплектом обладнання;

б) система кондиціонування розробляемого ґрунту, що забезпечує підготовку, транспортування і нагнітання під розрахунковим тиском пінного розчину із стабілізуючим полімером в приймальну камеру щита і всередину кожуха шнекового транспортера з метою створення і підтримки активного привантаження шляхом пластифікування ґрунтової маси.

Висновки. Сучасна технологія будівництва ескалаторних тунелів із застосуванням тунелепрохідних механізованих комплексів з пригрузом вибою є єдиною можливою для застосування в умовах слабких ґрунтів, а також за наявності щільної міської забудови. Проблема особливо актуальна в Києві у зв'язку зі складними геологічними умовами та з необхідністю забезпечення збереження будівель при підземному будівництві.

В даний час проблема оцінки шкідливого впливу гірничих робіт при будівництві ескалаторних тунелів із застосуванням ТПМК не вирішена, що дає підставу для проведення досліджень за напрямками, які забезпечують:

- Збір, аналіз та узагальнення даних натурних досліджень процесу зрушення і деформацій при будівництві ескалаторних тунелів з використанням ТПМК;
- Аналіз якісних закономірностей геомеханічних процесів при будівництві ескалаторних тунелів з використанням ТПМК на основі чисельних методів;
- Визначення зони впливу тунелепрохідних робіт.

Бібліографічний список

1. Маслак В. А. Геотехнический мониторинг при щитовой проходке наклонного тоннеля Санкт-Петербургского метрополитена [Текст] / В. А. Маслак [и др.] // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2010. – Вып.2. – С. 152–159.
2. Маслак В.А. Строительство эскалаторных тоннелей в слабых грунтах щитовым способом [Текст] / В.А. Маслак, К. П. Безродный, М. О. Лебедев // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2011. – Вып.1. – С. 330–337.
3. Власов С.Н. Строительство метрополитенов [Текст] / С.Н. Власов, В.В. Торгалов, Б.Н. Виноградов. – М. : Транспорт, 1987 г. – 252 с.
4. Лысиков Б.А. Строительство метрополитена и подземных сооружений на подрабатываемых территориях [Текст] / Б.А. Лысиков, Г.Р. Розенвассер, В.Ф. Шаталов. – Донецк : Норд-Пресс, 2003. – 303 с.
5. Штерн Г.Я. Сооружение эскалаторного тоннеля в Москве с помощью ТПМК «Lovat» [Текст] / Г.Я. Штерн, Н.А. Сорокин // Метро и тоннели. – 2009. – №2. – С. 6–7.
6. Мазейн С.В., Потапов М.А. Мониторинг грунтового давления и объема выемки обводненного массива для безопасной проходки щитом [Текст] / С.В. Мазейн, М.А. Потапов // Безопасность труда в промышленности. – 2012. – №11. – С. 58–63.
7. Никифорова І.Л. Аналіз параметрів процесу зрушення при будівництві транспортних тунелів в умовах щільної міської забудови [Електронний ресурс] / І.Л. Никифорова // Електронний збірник тез П'ятої Сибірської конференції молодих вчених з наук про Землю. - Новосибірськ. - 2010 - Режим доступу: http://www.giab-online.ru/files/Data/2011/1/Nikiforova_1_2011.pdf

УДК 624.191.2

Стовпник С.М., к.т.н., доц., Медяник Л.В., аспірантка, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ.

РОЗГЛЯД МЕХАНІЗМУ ПРОЦЕСУ ОСІДАННЯ ПОВЕРХНІ ПРИ ПРОХОДЦІ ТУНЕЛЮ НА НЕЗНАЧНІЙ ГЛИБИНІ

В даній статті розглянута залежність мульди зрушення грунтового масиву від властивостей ґрунтів при спорудженні колекторних тунелів.

In this article, the dependence of the soil mass displacement trough collector tunnels under construction on the properties of soils.

Ключові слова: осідання поверхні, деформації, обробка.

Вступ. Будівництво міських тунелів закритим способом викликає зрушення грунтового масиву навколо підземної виробки, і як наслідок цього зсування поверхні

землі, що спричиняє пошкодження фундаментів розташованих поблизу будівель, інженерних комунікацій, дорожнього покриття і т.д.

Аналізуючи сучасні методи визначення зрушень ґрунтового масиву, можна стверджувати, що найбільш поширеним є чисельний метод із застосуванням сучасних програмних комплексів, який дозволяє врахувати безліч різних технологічних, геометричних та інженерно-геологічних параметрів.

Аналіз літературних джерел. Наразі великого поширення набули чисельні методи розрахунку, зокрема метод скінченних елементів. Це пояснюється великими можливостями методу, що дозволяє розглядати неоднорідні за своєю будовою породні масиви, враховувати різні властивості гірських порід (деформаційні, міцнісні, фільтраційні і т.д.), різні технологічні рішення, етапність виконання робіт, конструктивні особливості споруди. Практика застосування цього методу досліджень описана в працях [1, 2, 3, 4].

Викладення основного матеріалу.

Оскільки більшість колекторних тунелів проектується неглибокого закладення, то величини осадки і деформацій підроблюваного ґрунтового масиву дуже часто виявляються небезпечними для будівель і споруд на земній поверхні, і тим більше небезпечними для об'єктів, що знаходяться всередині ґрунтового масиву, особливо в історичній частині міста.

Проходка тунелю неминуче передбачає виймання ґрунту більшого обсягу, ніж об'єм виробки. Кількісно «втрата об'єму» ґрунту виражається через відношення об'єму мунди зрушення на поверхні до об'єму тунелю (зовнішній діаметр тунельної обробки).

При проходці тунелів щитовим способом Attwell 1978 [5] умовно виділив чотири фактори, що впливають на «втрата об'єму»:

1. Деформації ґрунту у вибої, даний параметр істотно впливає при проходці тунелю без привантаження вибою і визначає осідання поверхні попереду вибою вздовж траси проходки;

2. Перебор ґрунту ріжучим органом, який відбувається за рахунок перебору ґрунту ротором у вибійній зоні, що також визначає осідання поверхні попереду щита;

3. Втрати об'єму при монтуванні обробки, тобто попаданню ґрунту всередину тунелю при монтажі обробки позаду щитового комплексу, викликане великим відставанням установки обробки від щита;

4. Втрати об'єму ґрунту, які відбуваються після тампонажних робіт за обробку і викликані обтисненням тунельної обробки і тривалою консолідацією ґрунту.

Сформульовані Attwell фактори характеризують втрату об'єму ґрунту при проведенні гірничих робіт різними щитовими комплексами. Оскільки розглянуті нами тунелі будуються за допомогою технології мікротунелювання, щити (ТПМК) з активним привантаженням вибою і обробкою із залізобетонних трубчастих секцій, то наведені вище фактори необхідно адаптувати стосовно даної технології враховуючи інженерно-геологічні умови м.Київ (слабкі ґрунтові масиви з низькими властивостями міцності).

Основні зміщення ґрунтового масиву при проходці тунелів із застосуванням ТПМК визначають наступні технологічні чинники:

- Неврівноважений тиск привантаження вибою, що приводить до випуску або випору ґрунту, внаслідок чого відбуваються осідання або підйом ґрунтового масиву;
- Перебір ґрунту ротором, який стає найбільш помітним при проходці тунелю на криволінійній ділянці;
- Просадка ґрунтової основи у лоткової частини щита під вагою ТПМК;
- Будівельний зазор в хвостовій частині, що виникає за рахунок різниці діаметра щита і зовнішнього діаметра тунельної обробки;

Є також ряд технологічних чинників, що чинять слабкий вплив на зміщення масиву або не піддаються кількісному опису. До таких факторів можна віднести: щитові проходки під різним кутом («підйом» або «клювання»); «відступ» щита, що приводить до

обвалення і розуцільнення ґрунтового масиву у вибої; відхилення руху щита від проектної траєкторії, тиск тампонажного розчину за тунельну обробку [6, 7]; проходження криволінійних ділянок; зміна швидкості проходки [8, 9]; тертя між оболонкою щита і поверхнею ґрунту; тривала консолідація ґрунту після завершення будівельних робіт.

Осідання денної поверхні є складною комбінацією осідань і підйомів, що викликані зазначеними вище причинами. Остаточна величина осадки досягається після проходження п'яти етапів у хронологічному порядку (рис. 1) [9, 10]. Етап I і II відповідають осіданню до підходу щита до розглянутого перерізу, етап III - протягом проходки щита, а етапи IV і V - після переміщення щита за межі даного перерізу.

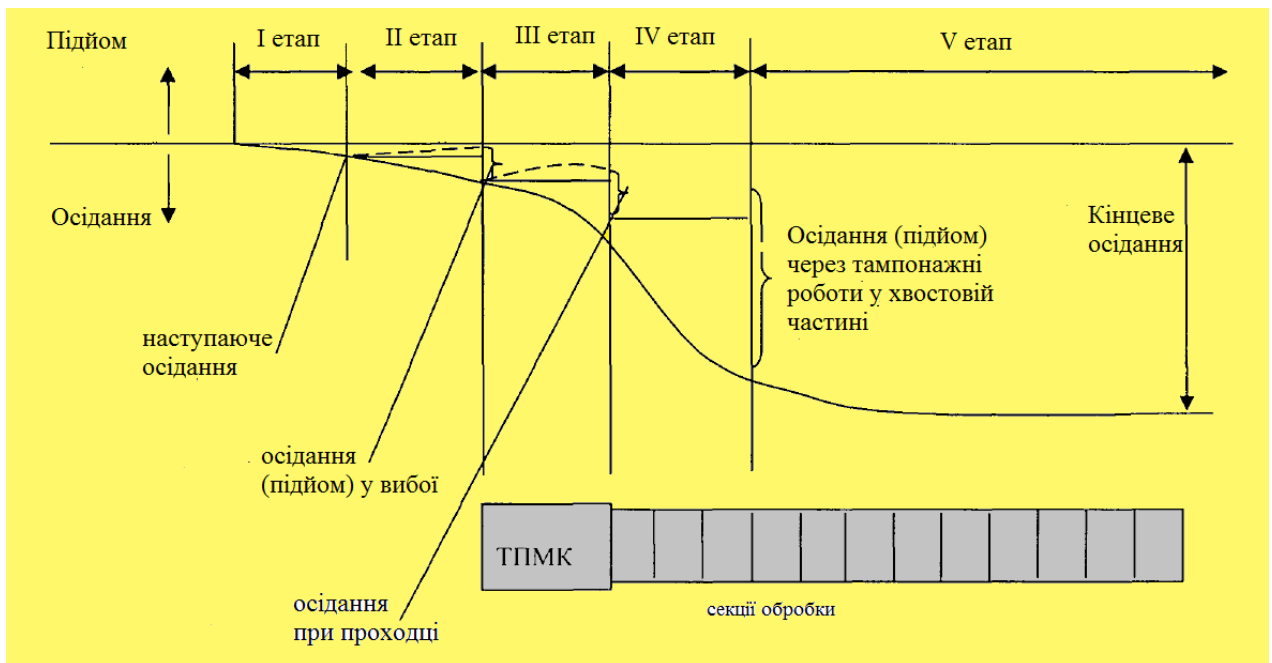


Рис. 1. Схема розвитку осідання поверхні в повздовжньому перерізі тунелю

У роботах [11, 12, 13] проведено аналіз механічних властивостей ґрунтів. Досліджувалися 4 типи ґрунту: піски, супіски, суглинки і глини. Для кожного типу ґрунтів задавалися свої діапазони зміни кута внутрішнього тертя, зчеплення і модуля деформації, рекомендовані нормативними документами [7, 14] і наведені в таблиці 1.

Було встановлено, що параметри φ і C мають певний взаємозв'язок з модулем деформації ґрунтового масиву E . Враховуючи це, Речицький В.В. [15] вивів функціональну залежність параметрів φ і C від E .

$$\text{для піску: } \varphi = 10,895 \cdot E^{0,333} (^\circ)$$

$$\text{для супіску: } \varphi = 6,52 \cdot \ln(E) + 6,83 (^\circ), \quad C = 3,91 \cdot E^{0,460} (\text{кПа});$$

$$\text{для суглинка: } \varphi = 6,52 \cdot E^{0,37}, \quad C = 1,1 \cdot E + 6,65 (\text{кПа});$$

$$\text{для глини: } \varphi = 9,87 \cdot \ln(E) - 11,394 (^\circ), \quad C = 20,47 \cdot e^{0,048E} (\text{кПа}),$$

де значення модуля деформації E підставляються в МПа. Для піщаних ґрунтів зв'язок зчеплення C з модулем деформації не розглядалася з причини малого діапазону зміни зчеплення і малої його величини. У розрахунках для пісків приймали найбільш часто зустрічаєме значення $C = 2$ кПа. Таким чином Речицький В.В. в якості основного фактора, що визначає характеристики механічних властивостей ґрунту, розглядає тільки модуль деформації E , а міцнісні параметри φ і C , що впливають на специфіку деформаційного

поведінки того чи іншого ґрунту в процесі проходки тунелю, обчислюються згідно з наведеними вище формулами.

Таблиця 1

Механічні властивості ґрунтів.

№ фактора	Пісок					Супісок				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Модуль деформації E , МПа	10	20	30	40	50	5	12,5	20	27,5	35
Кут внутрішнього тертя φ , °	23	29	33	37	40	17	23	26	28	30
Питоме зчеплення C , кПа	2	2	2	2	2	8	12	15	18	20
№ фактора	Суглинок					Глина				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Модуль деформації E , МПа	5	12,5	20	27,5	35	6	12	18	24	30
Кут внутрішнього тертя φ , °	13	19	23	25	28	6	13	17	19	22
Питоме зчеплення C , кПа	12	20	28	37	45	27	36	48	65	87

З використанням цих досліджень, було вирішено низку тестових задач з визначення впливу механічних властивостей різних ґрунтів на максимальне осідання поверхні і розмір напівмульди зсування, для тунелю діаметром D , що залягає на глибині H з величиною незаповненого будівельного зазору u_0 . Вагу ґрунту приймали однаковою, рівною 19 кН / м. Коефіцієнт Пуассона: для пісків і супісків - $\nu = 0,3$, для суглиноків - $\nu = 0,35$, для глин - $\nu = 0,42$.

Розглянуті тунелі залягають в породах, складених слабкими піщаними і глинистими ґрунтами переважно четвертинних відкладень. Діапазон значень характеристик механічних властивостей піщаних ґрунтів з різним коефіцієнтом пористості і різним гранулометричним складом: зчеплення від 0 кПа до 8 кПа; кут внутрішнього тертя від 26 до 43 градусів; модуль деформації від 26 до 50 МПа. Для пілуватоглинистих ґрунтів з різним коефіцієнтом пористості зчеплення варіюється від 9 до 81 кПа, кут внутрішнього тертя від 7 до 30 градусів, модуль деформації від 5 до 75 МПа. Результати розрахунків наведено на рисунках 2 і рис. 3.

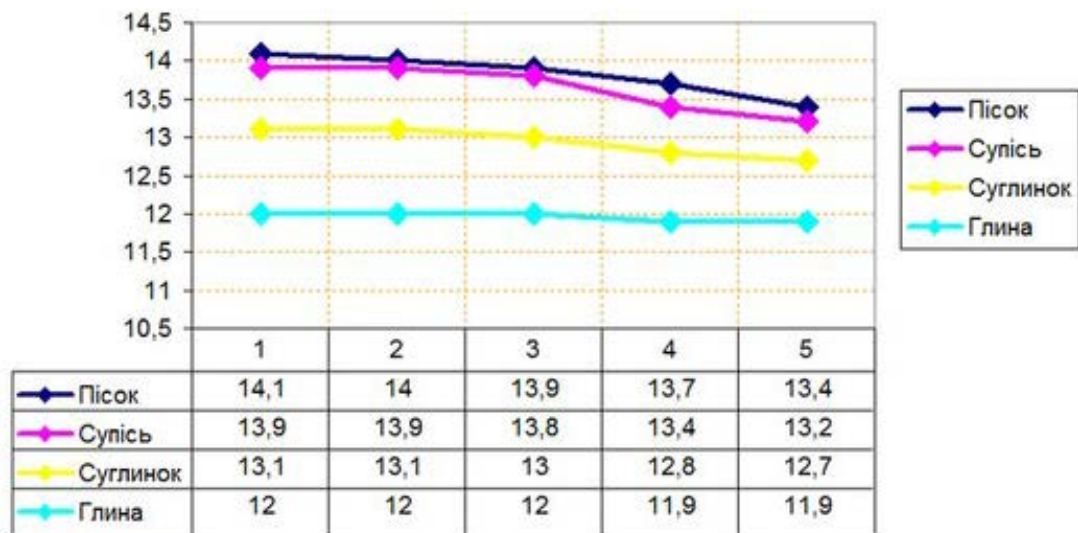


Рис. 2 - Результати розрахунку тестових задач. Графік залежності максимального осідання поверхні від технологічних факторів.

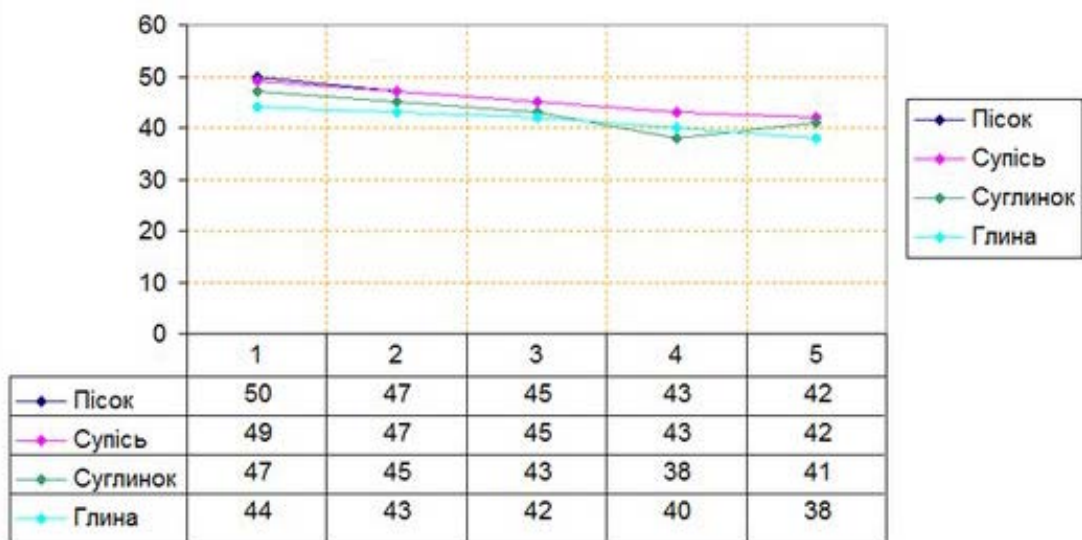


Рис.3-Результати розрахунку тестових задач. Графік залежності розмірів напівмкульди зрушення на поверхні від технологічних факторів для різних ґрунтів

Аналізуючи графіки, можна зробити **висновок**: величина максимального осідання залежить від сукупності механічних властивостей ґрунтового масиву. Вибір діапазону значень параметрів ґрунтів обґрунтовується нормативними документами [16, 17] та інженерно-геологічними умовами м. Київ. Відхилення максимального осідання поверхні в межах кожного типу ґрунту не перевищує 23% (для пісків 12%, супіски - 20%, суглинки - 23%, глини - 20%), а для всіх типів ґрунтів не перевищує 34%. Таким чином, в залежності від властивостей ґрунтового масиву осідання поверхні можуть істотно змінюватися, отже необхідно враховувати механічні властивості ґрунтового масиву при оцінці величини осідання поверхні.

Бібліографічний список

1. Панфилов Д.В. Методика прогнозирования деформаций земной поверхности при сооружении транспортных тоннелей на основе пространственного моделирования. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. - НИИ ТС, 2005.

2. Torres Prada Adolfo Camilo, Castaneda Fernando Alberto Nieto. Study of settlements induced by TBM in soft grounds in Bogota -Colombia. ITA-AITES tunnel congress 2009 and 35th ITA-AITES general assembly. Budapest, 2009.
3. Фадеев А.Б. Метод конечных элементов в геомеханике. М.: Недра, 1987.
4. Skempton A.W., MacDonald D.H. Allowable settlement of buildings. Proc. of the Institution of Civil Eng. London, vol. 5, 1956, pp. 727-768.
5. Attewell, P. B. 1978. Ground movements caused by tunnelling in soil. Pages 812-948 of: Large ground movements and structures. Pentech Press, London.
6. МГСН 2.07-01. Основания, фундаменты и подземные сооружения.
7. МГСН 2.07-97. Основания, фундаменты и подземные сооружения.
8. Flwang R.N., Wu D.J., Lee C.J. Consolidation settlements to tunneling/ Proceedings of the south East Asian Symposium on Tunneling and Underground Space Development. Bangkok (Thailand). 18-19 January 1995.-P. 79-87.
9. Japanese standard for shield tunneling, the third edition. Japan Society of Civil Engineers. -1996. -219 с.
10. Jun S., Yongfu X., Hongwei Y. A study on environment ground settlement control in urban district under shield tunneling / Milan congress. -2001. VI.-P. 393-400.
11. Клейн Г.К. Строительная механика сыпучих тел. Изд. 2-е перераб. и доп. М., Стройиздат, 1977, 256 с.
12. Клепиков С.Н. Проблемы механики грунтов на подрабатываемых территориях. Основания, фундаменты и механика грунтов. 1984 г., №1, с. 3-5.
13. Колбенков С. П. Аналитическое выражение типовых кривых сдвижения поверхности. -Л.: ВНИМИ, 1961. - сб. № 43 - С. 46-49.
14. Kazuhito Komiya, Kenichi Soga, Hirokazu Akagi, Toshiyuki Hagiwara, Malcolm D. Bolton. Finite element modeling of excavation and advancement processes of a shield tunneling machine // Soils and foundations Vol. 39, No. 3, 37-52, June 1999.
15. Речицкий В.В. Прогнозирование деформаций дневной поверхности при проходке тоннелей. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. -МГСУ, 2005. 156 с.
16. СНиП 2.01.09-91. Здания и сооружения на подрабатываемых территориях и просадочных грунтах. 80.СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений.
17. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги.

СОДЕРЖАНИЕ

Прокопенко К.Д., Никишенко Т.С., Масленников С.А. Утилизация отходов обогащения железных руд.....	4
Пи́га Л.М., Пасько М.В., Шевченко В.А., Мітюк Л.О., Праховник Н.А. Адаптація форми гірничої виробки до напруженого стану масиву.....	9
Ермоленко Л.С., Рубан Н.Н., Солодянкин А.В. Оценка оседания фундаментов существующих зданий при сооружении многофункционального комплекса.....	12
Жукова Н.И. Основные направления исследований в горной сейсмике при разработке месторождений скальных пород с природными и искусственными полостями.....	18
Зубченко О.А., Шамрай В.І., Коробійчук В.В. Вплив часу руйнування негабаритів на продуктивність гідромолота DAEWOO DOOSAN DXB 90 на Сабарівському родовищі гранітів.....	21
Коляда Я.С., Гребенюк Т.В. Захист працюючих від шкідливих та небезпечних факторів при видобуванні та обробці блочного каменю.....	24
Кузнецов П.А., Масло С.В. Оптимізація виробництва обпаленого металургійного доломіту.....	27
Логунов Д.М., Гапеев С.Н. Оценка факторов, влияющих на устойчивость подготовительных выработок лав пласта L6 шахты им. Д.Ф. Мельникова ГП «Антрацит».....	31
Кузнецов П.А., Масло С.В. Комп'ютеризація управління процесом виробництва портландцементу підприємством ВАТ «Хайдельберг Цемент Україна».....	35
Малахова Н.С., Гребенюк Т.В. Перспективи застосування аерогелю в гірничій промисловості.....	40
Косяк І.В., Мельничук М.О., Гребенюк Т.В. Вплив відкритого видобування корисних копалин на ґрунтовий покрив.....	42
Петрачкова Н.М., Хорхордина Е.М., Галкин А.Ф. Анализ эффективности средств индивидуальной защиты органов дыхания горнорабочих в зимних условиях.....	45
Сердюк О.С. Структурний аналіз та оцінка діяльності приватних вуглевидобувних компаній України.....	51
Добровольська А.О., Кравець В.Г., Стовпник С.М. Аналіз просадковості при оцінюванні варіантів замочування техногенного ґрунту.....	56
Логунова А.О., Халимендик А.В., Гапеев С.Н. Оценка влияния анкерных систем на величину пучения пород почвы в одиночной выработке.....	60
Городецький В.Г., Лістовщик Л.К. Визначення параметрів гідромолотка для руйнування гірського масиву з використанням зворотної задачі теорії диференціальних рівнянь.....	65
Янкин А.Е. Оценка отклонений толщины крепи вертикальных шахтных стволов от проектных размеров.....	68

Наливайко А.А., Шульгин П.Н. Конструкция податливого анкера для крепления горных выработок.....	73
Пархоменко С.А., Гайко Г.І. Дослідження міцності шаруватого набризкбетонного кріплення гірничих виробок.....	77
Гаращук О.М., Сергієнко М.І. Використання відходів гірничого виробництва для виготовлення будівельних форм.....	80
Зайченко С.В., Кравець В.Г. Механіка контактної взаємодії приконтурного ґрунтового масиву при роликовому ущільненні.....	84
Гаркуша В.С., Гапеев С.Н. Использование пустой породы угольных шахт в качестве наполнителя для тампонажных растворов.....	91
Мацук О.Є., Табунщик Л.С., Зуєвська Н.В. Дослідження впливу видобутку природного каменю на його поверхневу та підповерхневу структуру.....	94
Ващук О.М., Шлапак В.О., Соболевський Р.В. Обґрунтування оптимальної моделі варіограм для відображення просторової мінливості якісних показників Велико-Гадоминецького родовища первинних каолінів.....	99
Кудрик О.В., Йожиков А.В. Спосіб ущільнення ґрунтів вибухом.....	106
Ситор В.С., Пазюк Р.А., Вапничная В.В. Системы адаптивной сейсмозащиты, реализующиеся на принципе сейсмоизоляции.....	110
Радецька О.Й., Сергієнко М.І. Захист ґрунтових вод застосуванням системи об'ємного відкачування пласта при видобутку газоконденсату.....	118
Іванова І.А., Ремез Н.С. Використання програми Ansys 14.0 для моделювання взаємодії сейсмовибухових хвиль з шаруватим ґрунтовим масивом і підземним трубопроводом.....	124
Крючков А.І., Євтєєва Л.І. Оптимізація продуктивності екскаваторів на кар'єрі.....	126
Фоменко І.О., Ковтун А.І. Керування напрямом тріщиноутворення в шпурах гранітних блоків при використанні невибухових руйнуючих сумішей.....	131
Яковчук І.В., Шевчук Н.А. Проблема видобутку корисних копалин з великих глибин.....	135
Зуєвська Н.В. Мала гірнича енциклопедія – внесок в українську гірничу освіту, науку, термінологію.....	137
Стовпник С.М., Федоренко К.В., Загоруйко Є.А. Дослідження стійкості метротунелю мілкого закладання у намівних ґрунтах.....	139

Гембарська М.О., Зуєвська Н.В. Моделювання роботи забивних паль із застосуванням різних моделей ґрунтового середовища.....	144
Марчук А.Л., Шевчук Н.А. Геолого-економічна доцільність розробки родовищ корисних копалин.....	148
Сіверін М.М., Шевчук Н.А. Економічно-доцільні варіанти вирішення проблеми побутових колекторних мереж.....	151
Сницарь М.А., Самедов А.М. Механізм набухання глинистих ґрунтів.....	153
Бойко А.Г., Шевчук Н.А. Економічність перетворення радіоактивних відходів у мінерали.....	156
Половинкин Н.И., Самедов А.М. Взаимные фазовые переходы глины при гидротермальных условиях.....	158
Стороженко Д.А., Ган А.Л., Шайдецька Л.В. Дослідження параметрів динамічно ущільнених зон в ґрунтовому масиві.....	162
Карімбетова Н.П., Котенко В.В. Аналіз факторів, що впливають на продуктивність технологічного обладнання при підготовці масиву до відокремлення в умовах кар'єрів високоміцного блочного облицювального каменю.....	166
Тайєб-Тамаша Ясмїна, Тарасюк О.С. Енергозбереження як чинник підвищення конкурентоспроможності економіки України.....	169
Кравец О.Ю., Самедов А.М. Фильтрационные процессы в геомеханике.....	175
Скоростинська О.П. Способи очищення води від нафтових забруднень за допомогою сорбентів.....	177
Лаврук А.В., Шлапак В.О., Кальчук С.В. Фактори, що визначають якість пасирування каменю шпуровими методами.....	180
Щученко М.Ю., Шевчук Н.А. Сучасний економічний стан виробничих підприємств України.....	183
Ващук В.З. Механічний спосіб очищення стічних вод від нафтопродуктів.....	185
Лисицька О.А., Кальчук С.В. Обґрунтування напряму розвитку гірничих робіт на кар'єрах блочного каменю в умовах напружено-деформованого стану масиву.....	187
Ткач Д.В., Самедов А.М. Оцінка модифікованого ґрунтового масиву на основі шлаку та вапна при застосуванні технології двофазного змішування.....	190
Магеровський І.Т., Шевчук Н.А. Техніко-економічні показники будівництва свердловин.....	195
Романюк Р.В., Кальчук С.В. Обґрунтування схем фрезування каменю при виготовленні архітектурних деталей на верстатах з ЧПК.....	196

Буткевич І.І., Самедов А.М. Динамічні властивості сланцевих порід для конструкцій споруд.....	201
Гасленко В.І., Шевчук Н.А. Нові підходи до використання неосвоєних ресурсів твердих корисних копалин.....	209
Кріль Т.В. Поширення вібраційних хвиль в геологічному середовищі від руху поїздів метрополітену.....	211
Ярош Ю.С., Шевчук Н.А. Добыча блочного каменя.....	215
Палій О.В., Кальчук С.В. Проблеми накопичення кам'яної некондиційної сировини кар'єрів з видобутку облицювального каменю.....	218
Саленко Г.О., Кальчук С.В. Комплексне використання відходів будівельної некондиційної блочної сировини родовищ високодекоративного облицювального каменю.....	221
Купенко І.В., Дегтарєв В.С., Бондарь Е.С. К вопросу о расчёте бетонной крепи переменной толщины вертикальных стволов.....	224
Орлов М.В., Самарцев І.В., Вапнічна В.В. Аналіз використання роторних ескаваторів при розробці відкритим способом.....	227
Стовпник С.М., Медяник В.І. Обґрунтування технології будівництва ескалатарного комплексу станції «Львівська брама» без застосування спеціальних способів.....	229
Стовпник С.М., Медяник Л.В. Розгляд механізму процесу осідання поверхні при проходці тунелю на незначній глибині.....	233

Научно–техническое издание

В сборнике приведены результаты научных разработок студентов, аспирантов и молодых учёных, которые представлены на международную конференцию 22-24 мая 2014 г., организованную кафедрой «Геостроительства и горных технологий» Института энергосбережения и энергоменеджмента НТУУ «КПИ».

Сборник предназначен для специалистов шахтостроителей, строителей подземных сооружений и студентов вузов горных специальностей.

Тезисы докладов представлены в редакции авторов.

Підписано до друку 25.06.2014 р. Формат 60x90 1/16.
Папір офсетний. Умовн. др. арк. 15,93
Друк різнограф. Тираж 50 прим. Зам. №3108.

Підприємство УВОІ «Допомога «УСІ»
Свідоцтво про державну реєстрацію № 531018
03056, м. Київ, пров. Політехнічний 6, корп. 5 (КПІ)
тел.: 277-41-46.