

Том 7

Будівництво, геотехніка і геомеханіка

УДК 699.86

Гудзик М.А., студент гр. 192-18-1

Науковий керівник: Іванова Г.П., к. т. н., доцент кафедри БГГМ

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

СУЧАСНІ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ У БУДІВНИЦТВІ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ

Незалежно від способу будівництва і використаних матеріалів, одним із найефективніших рішень проблеми тепловитрат є додаткове утеплення будівельних конструкцій. Теплоізоляція актуальна і для бетонного, і для цегляного, і для дерев'яного будинку. Виключень не існує, але використання додаткових теплоізоляційних матеріалів у фасадних та інших конструкціях тільки поліпшить енергоефективність будівель [1].

Основна характеристика утеплювача – його теплопровідність, вона показує, скільки тепла може проходити через цей матеріал. Розрізняють теплоізоляцію двох видів:

- теплоізоляція відбиваюча – знижує витрату тепла завдяки тому, що зменшується інфрачервоне випромінювання;
- теплоізоляція, що запобігає – (використовується в більшості випадків) передбачає застосування утеплювача з низьким значенням теплопровідності (може бути використаний один з трьох видів матеріалів: неорганічний, органічний або змішаний).

У роботі досліджувались теплоізоляційні матеріали, що запобігають втраті тепла, а саме 5 різних видів цих утеплювачів.

Теплоізолятори на органічній основі.

1. Пінополіуретановий (ППУ) утеплювач має в своїй основі полієфір, куди додаються вода, емульгатори і дізоціанат. Під впливом каталізатора всі ці компоненти вступають в хімічну реакцію, утворюючи нову речовину. Він має хороший рівень поглинання шуму, хімічно пасивний, не боїться вологи. Крім того, ППУ – відмінний теплоізолятор. Так як його наносять методом напилення, то є можливість обробляти стіни і стелі складної конфігурації.

2. Пінополістирол (ППС, пінопласт), на 98% складається з повітря, решта 2% – полістирол, який отримують з нафти. Ще в складі пінополістиролу є невелика кількість модифікаторів (це можуть бути антипірени).

Теплоізолятори неорганічного типу.

1. Мінеральна вата, яка має два різновиди: шлакова і кам'яна. Для виробництва першої з них використовуються шлаки, чорної і кольорової металургії. Кам'яна ж вата має в своїй основі гірські породи: вапняк, діабаз, доломіт, базальт та інші. Для зв'язування основи використовується компонент на основі карбаміду або фенолу, причому останній більш придатний для будівництва – мінеральна вата з цим елементом менше боїться води.

2. Скловата виготовляється з тої ж сировини, що і звичайне скло. Втім, і відходи виробництва скла для нього цілком придатні. На відміну від мінеральної вати, скловата має більш товсті і довгі волокна. Тому вона більш пружна і міцна. Як і мінеральна вата, вона добре поглинає звуки, не горить і не піддається агресивному впливу хімічних речовин. При нагріванні скловата не виділяє шкідливі речовини.

Треба розуміти, який тип теплоізоляції потрібний. Вибір роблять, орієнтуючись на те, чи буде матеріал піддаватися навантаженню в процесі експлуатації [2].

Якщо утеплювач буде піддаватися навантаженню (наприклад, плаваючі підлоги, «мокрі» фасади і т. д.), рекомендується використовувати утеплювач високої жорсткості у плитах. Якщо шар теплоізоляції не буде піддаватися навантаженню (внутрішні

перегородки, скатні дахи, підлоги по лагах), можна заощадити за рахунок використання рулонних матеріалів.

Порівняння основних характеристик утеплювачів наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика теплоізоляційних матеріалів

Характеристика утеплювача	Назва утеплювача				
	Базальтова вата	Скловата	Пінопласт	Екструдований пінополістирол	Пінополіуретан
Теплопровідність, Вт / м · К	0,032 ÷ 0,048	0,041 ÷ 0,043	0,032 ÷ 0,04	0,03 ÷ 0,033	0,019 ÷ 0,028*
Водопоглинання, від маси за 24 години	0,095%*	1,7%	2%	0,2%	1 ÷ 3%
Щільність, кг / м ³	28 ÷ 100*	11 ÷ 25	15 ÷ 50	22 ÷ 47	30 ÷ 86
Паропроникність, мг/(Па · м · год)	0,3	0,4 ÷ 0,12*	0,05	0,004 ÷ 0,005	0,023 ÷ 0,05
Робоча температура, °С	-180 ÷ +750*	-60 ÷ +450	-50 ÷ +75	-50 ÷ +75	-100 ÷ +150
Стійкість до дії розчинників	Висока	Хімічно нейтральна	Мало стійкий	Мало стійкий	Хімічно стійкий*

* - значення найбільш ефективної характеристики.

Необхідна товщина матеріалу для досягнення однакового ефекту утеплення наведена на рис. 1 [3].

Можна зробити наступний висновок, що при виборі будь-якого утеплювача перш за все звертають увагу на вище зазначені параметри (табл.1), а також на вогнестійкість, довговічність (термін служби сучасних утеплювачів повинен складати мінімум 15 років, а краще – 25 років і більше), питому вагу та екологічність (матеріал повинен мати сертифікати, що регламентують його використання).

На жаль, немає ідеального матеріалу, який підійде абсолютно для будь-якої будівлі або конструкції, тому для полегшення вибору матеріалу необхідно насамперед враховувати у яких умовах буде експлуатуватись теплоізоляційний матеріал.



Рис. 1. Товщина утеплювачів

Перелік посилань

1. Види утеплювачів їх властивості та характеристики: Режим доступу: <https://blokbud.lviv.ua/blog/vudu-ytepluvachiv/>
2. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель [Текст]. – К.: Мінрегіон України, 2014. – 51 с.
3. Пенополистирол: от фундамента до крыши: Режим доступу: <http://aspp.com.ua/sfery-primeneniya.html>

УДК 622.333

Камчатный А.А., научный сотрудник

(Институт физики горных процессов НАН Украины, г. Днепр)

ДЕСТАБИЛИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ УГЛЯ СЛАБЫМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

Впервые о дестабилизации микроструктурных компонентов угля под действием электрического поля слабой напряженности сообщалось в работах [1-6] сотрудников Национального технического университета «Днепропетровская политехника». Данные работы явились естественным развитием исследований в области устойчивости минералов и горных пород под действием слабых электрических полей [7], предложены принципиально новые квантово-механические модели разрушения химических связей в органическом веществе [8].

В результате исследований углей, отобранных из выбросоопасных угольных пластов, и углей, обработанных слабым электрическим полем, установлено следующее.

Образование газа в углях при обработке в электрическом поле является низкотемпературным процессом. Аналогичных результатов можно достичь при нагревании угля до температур, превышающих 460 К.

Процесс газогенерации электростимулированных углей может развиваться по следующим причинам:

- разрыв наиболее слабых химических связей в углеродных и углеводородных цепочках;
- полное разрушение цепочек в случае, если в них количество атомов ниже критического предела устойчивости цепочки;
- образование углеводородных молекул с неспаренными электронами с последующим образованием стабильных молекул газа;
- десорбция хемосорбированных молекул в результате возбуждения их связи с внутренними поверхностями проходящими токами;
- разрыв связей графена с образованием нестабильной цепочки, которая распадается с образованием атомарного углерода с последующей их связью с кислородом и водородом.

Перечень ссылок

1. Соболев В.В., Чернай А.В., Черняк С.А. Роль электрического тока в стимулировании деструктивных процессов в каменном угле // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Техн. науки. – 2006. – №9. – С. 45-51.
2. Sobolev V., Bilan N., Filippov A., Baskevich A. Electric stimulation of chemical reactions in coal // Technical and Geoinformational systems in Mining 2011. – P. 125-130.
3. Pivnyak, G.G., Sobolev, V.V., Filippov, A.O. (2012) Phase transformations in bituminous coals under the influence of weak electric and magnetic fields // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2012. – Vol. 5. – P. 43-49.
4. Sobolev V., Bilan N., Samovik D. Magnetic stimulation of transformations in coal // Mining of Mineral Deposits. – Leiden: CRC Press/Balkema, 2013. – P. 221-225.
5. Molchanov, O., Rudakov, D., Sobolev, V., Kamchatnyi, O. (2018) Destabilization of the hard coal microstructure by a weak electric field. E3S Web of Conferences, 60, 00023 (2018); DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186000023>
6. Rudakov D., Sobolev V. A Mathematical Model of Gas Flow during Coal Outburst Initiation // International Journal of Mining Science and Technology, Available online 7 March 2019, p. 791-796: <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2019.02.002>
7. Орлинская О.В., Соболев В.В., Чернай А.В. Термоэлектрическая обработка минералов и горных пород. – Днепропетровск: НГА Украины, 1999. – 93 с.
8. Пивняк Г.Г., Соболев В.В., Баскевич А.С. Устойчивость углеродсодержащих фаз в углях при прохождении слабого электрического ток // Доповіди НАН України. – 2012. – №2. – С. 107-113.

УДК 691:628.477

Шапошник К.В., студентка гр. 192-18-1

Науковий керівник: Іванова Г.П., к. т. н., доцент кафедри БГГМ

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», г. Дніпро, Україна)

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ ВІДХОДІВ

Розвиток економіки, підвищення якості життя неможливо без будівництва нових і реконструкції існуючих будівель і споруд. Збільшення обсягів виробництва у будівельній індустрії може бути досягнуто за рахунок значного зростання видобутку мінерально-сировинних ресурсів, однак це пов'язано з екологічними проблемами.

Зниження ресурсоемності будівельної індустрії можливо за рахунок залучення у виробництво будівельних матеріалів відходів в якості вихідної сировини. Промислові відходи дозволяють зменшити матеріаломісткість виробництва будівельних матеріалів і собівартість продукції, а також поліпшити їх якість [1].

В Україні й за кордоном золи, шлаки та золошлакові суміші використовуються в основному як добавки до бетонів та у виробництві пористих заповнювачів. На підприємствах будівельної індустрії областей золу ТЕС вводять в бетон в поєднанні зі шлаками, що знижує витрати щебню і цементу на 10-12%. Слід зазначити, що при введенні золи-уносу в бетон замість частки цементу зменшується теплопровідність, підвищується його водонепроникність, сульфатостійкість. Відходи вуглевидобутку і вуглезбагачення використовуються при виробництві пористого заповнювача - аглопорити.

Щебінь з подробленого бетону широко застосовують в різних областях будівельного виробництва, що дозволяє економити сировинні ресурси і покращувати екологію навколишнього середовища. Вторинний заповнювач з бетонного лому поступово стає в один ряд з іншими будівельними матеріалами [2].

У зв'язку з тим, що людство розробляє технології, за допомогою яких з'явиться можливість повторного використання майже всього, що вважається сміттям. Варто звернути увагу на вже існуючі проекти, які в подальшому можливо будуть використовуватися нарівні зі стандартними.

Технологія виробництва макулатурної деревини народилася в Норвегії, де щорічно переробляється більше 1 млн. тон паперу. Завдяки незвичайному «рецепту», норвежці навчилися з використаного та спресованого паперу, з додаванням спеціальних клеїв, створювати матеріал, схожий на ДВП, але він не містить шкідливих формальдегідів і розчинників (рис.1). В результаті, дана продукція виходить дуже естетичної, міцною, водонепроникною і вогнестійкою.

Використані підгузки і засоби особистої гігієни можуть стати чудовим джерелом для виробництва будівельних матеріалів, зокрема, покрівельних. Спеціальні установки для переробки цього сміття вміють відокремлювати полімери від органічних відходів. Після чого, полімери можуть бути використані для виготовлення черепиці чи інших пластикових виробів. Поліетиленові пакети піддаються переробці - їх спресовують і піддають особливій тепловій обробці, після чого з отриманої маси формують досить міцні будівельні блоки. Вони виходять занадто легкими, щоб з них робити несучі стіни, але можливо використання таких блоків у вигляді перегородок для житлових і офісних приміщень, роздільників і ширм на відкритих майданчиках [3].



Рис. 1. Макулатурна деревина

Ідея створення цегли з крові була заснована на думці, що щорічно при забої тварин в каналізацію виливаються мегалітри крові тварин. У зв'язку з тим, що в цій речовині знаходиться багато білка, з нього виходить дуже гарна сполучна речовина для цегли (рис. 2). Британський студент - архітектор Джек Манро, дослідивши це питання, запропонував використовувати висушену кров, у вигляді порошку, змішуючи її з піском, в результаті чого утворюється пастоподібна речовина [4].

Вчені працюють над вирощуванням міцелію (грибниці, бактерії, які живуть в гниючій органіці), який би зміг, при заповненні їм форми, вирости за 5-10 днів до бажаних розмірів (рис. 3). Після його випалу в печі, з'являється ізолюючий матеріал, який справляється зі звуко- і теплоізоляцією на рівні з пінополістиролом і іншими ізоляційними матеріалами. Таке рішення допомогло б у переробці сміття, стало б екологічно чистим варіантом заміни різних отруйних варіантів азбесту.



Рис.2. Цегла з крові тварин

Пласфальт - це певний асфальт на основі пластика. Таке дорожнє покриття вже навіть проходить тестування реальними умовами, і скоро буде відомо, чи дійсно пласфальт не поступається своїми характеристиками традиційному асфальту. Пластик у нього додають у вигляді зерен, отриманих з перероблених пластикових відходів. І замінити собою він може дорогий гравій. Вже зараз відзначають, що він



Рис. 3. Грибна ізоляція

демонструє високу стійкість до зносу, так як бітум краще взаємодіє з пластиковими зернами, ніж з гравієм і піском (рис. 4). В даний час розвиток технологій, заснованих на використанні відходів, знаходиться в нашій країні не на вищому рівні. Лише деякі з цих технологій дозволяють отримувати будівельні матеріали на основі відходів з більш високими, ніж у традиційних матеріалів характеристиками. Незначні обсяги виробництва будівельних матеріалів з відходів можна пояснити наступними факторами:



Рис. 4. Пласфальт

- нестабільністю складу відходів;
- низькою платою за зберігання відходів на звалищах і полігонах;
- недостатнім вивченням основних характеристик будівельних матеріалів на основі відходів.

Перелік посилань

1. Дворкин Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности Учебно-справочное пособие / Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 368 с.
2. Иванова А.П., Труфанова О.И. Анализ и перспективы применения эффективных ресурсосберегающих технологий в производстве бетона // Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ. – 2014. – № 5 (53). – С. 150 - 153
3. Самые необычные строительные материалы сделанные из мусора. Режим доступу: <https://enki.ua/articles/samye-neobychnye-stroitelnye-materialy-sdelannye-iz-musora-7224>
4. Изготовление строительных материалов из отходов. Режим доступу: <https://misorish.ru/izgotovlenie-stroitelnyh-materialov-iz-othodov/>

УДК 662.215

Кириченко А.Л., к. т. н., главный технолог*(Государственное предприятие Научно-производственное объединение «Павлоградский химический завод», г. Павлоград, Днепропетровская обл., Украина)***Куливар В.В., аспирант кафедры строительства, геотехники и геомеханики***(Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», г. Днепр, Украина)*

ЗАВИСИМОСТЬ ЭНЕРГИИ ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСА ОТ ЭНЕРГИИ НАКАЧКИ

В работе были исследованы различные светочувствительные инициирующие взрывчатые вещества (ВВ) [1-5], в том числе и наиболее чувствительный к лазерному излучению композит ВС2, представляющий собой полимерную матрицу с рассеянными микрочастицами гидразинтетразолортуть (II) перхлората [6,7]. Массовая концентрация полимера равнялась 10%. В качестве источника излучения применялся твердотельный оптический квантовый генератор на неодимовом стекле [8], работающий в режиме модуляции добротности резонатора [9,10]. Длительность лазерного импульса на полувывоте интенсивности равнялась 11 нс, энергия в импульсе 0,17 Дж, длина волны излучения 1,06 мкм. Средняя плотность лазерной энергии на образце в несколько раз превышала критическое значение плотности энергии инициирования данного ВВ.

В экспериментах использовались образцы стали Ст.45 и нержавеющей стали Х18Н10Т, хорошо известные схемы обработки металлов взрывом [1-13] и, в частности, упрочнения металлов взрывом [14] были получены зависимости плотности импульса j_s от массовой плотности покрытия из ВС2. Результаты измерений показали, что эти зависимости в пределах точности эксперимента совпадают. На рис. 1 представлена зависимость j_s (m_s), полученная на образцах из Ст.45. Упрочняемые образцы покрывались слоем взрывчатого состава ВС2 с поверхностной плотностью массы 300 мг/см², при этом значении m_s , величина плотности импульса равнялась $j_s=5$ кПа·с. Давление в детонационной волне, по нашим оценкам, составляло величину ≤ 20 ГН/м².

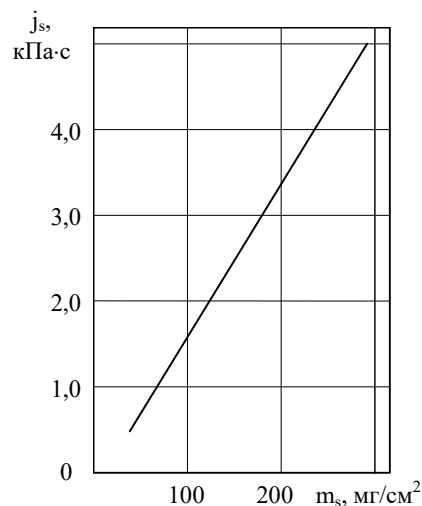


Рис. 1 Зависимость плотности импульса продуктов взрыва (j_s) от поверхностной плотности массы ВВ (m_s)

В процессе экспериментальных исследований установлено, что изменением концентрации связующего материала (полимера) можно регулировать величину скорости детонации, а, следовательно, и давление в детонационной волне. Так, например, при увеличении концентрации связки от 10 до 40% скорость детонации

уменьшается в 2,8 раза. Следует также отметить, что лазерным импульсом удается вызвать детонацию светочувствительных пленок из ВС2 малой толщины, вплоть до 0,1 мм, т. е. осуществлять очень короткие по длительности (≤ 1 мкс) импульсы нагружения, чего невозможно достичь традиционными методами, использующими энергию взрыва ВВ. Это позволяет упрочнять очень тонкие слои материала, что, несомненно, представляет научный и практический интерес в области физического материаловедения, физики и химии твердого тела.

Перечень ссылок

1. Chernai, A.V., Sobolev, V.V., Chernaj, V.A., Ilyushin, M.A., Dlugashek, A. (2003) Laser initiation of charges on the basis of di-(3-hydrazino-4-amino-1,2,3-triazol)-copper (II) perchlorate // *Fizika Goreniya i Vzryva*. Volume 39, Issue 3, 2003, Pages 105-110.
2. Чернай А.В., Соболев В.В., Чернай В.А., Илюшин М.А., Длугашек А. Лазерное инициирование взрывчатых составов на основе ди-(3-гидразино-4-амино-1,2,3-триазол)-медь (II) перхлората // *Физика горения и взрыва*. – 2003. – 39 (3). – С. 105-110.
3. Чернай А.В., Соболев В.В. К вопросу о механизме зажигания взрывчатых веществ лазерным моноимпульсом // *Физика и техника высоких давлений*. – 1994. – №2. – С. 111-115.
4. Chernai, A.V., Sobolev, V.V., Ilyushin, M.A., Zhitnik, N.E. (1994) Generating mechanical pulses by the laser blasting of explosive coating // *Combustion, Explosion, and Shock Waves* Volume 30, Issue 2, March 1994, Pages 239-242
5. Chernai, A.V., Sobolev, V.V., Ilyushin, M.A., Zhitnev, N.E., Petrova, N.A. On the mechanism of ignition of energetic materials by a laser pulse // *Chemical Physics Reports* Volume 15, Issue 3, 1996, Pages 457-462.
6. Ilyushin M. A., Sudarikov A. M., Tselinsky I. V. (2010), "Metal Complexes in Energetic Formulations". A.S. Pushkin Leningrad State University, St. Petersburg "Metallokompleksy v vysokoenergeticheskikh kompozitsiyakh. Sankt-Peterburg: LGU im. A. S. Pushkina", 188 p.
7. Chernaj, A.V., Sobolev, V.V., Ilyushin, M.A., Zhitnik, N.E. (1994) The method of obtaining mechanical loading pulses based on a laser initiation of explosion of explosive coatings // *Fizika Goreniya i Vzryva* Volume 30, Issue 2, March 1994, Pages 106-111.
8. Sobolev V., Chernaj A., Studinski N. (1996), "OPSIN – a new system of blast-hole change blasting in explosives", *5-th International symposium on mine planning and equipment + selection*. San Paulo, Brazil. pp. 441-443.
9. Sobolev V.V., Ustimenko E.B., Nalisko N.N., Kovalenko I.L. The macrokinetics parameters of the hydrocarbons combustion in the numerical calculation of accidental explosions in mines // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, – 2018 – №1 – P. 89-98.
10. Chernaj, A.V., Sobolev, V.V. (1995) Laser method of profiled detonation wave generation for explosion treatment of materials // *Fizika i Khimiya Obrabotki Materialov*, Issue 5, September 1995, Pages 120-123.
11. Sobolev V., Shiman L.N., Nalisko N.N., Kirichenko A.L. (2017). Computational modeling in research of ignition mechanism of explosives by laser radiation // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, – 2017. – №6. – P. 53-60.
12. Соболев В.В. Закономерности изменения энергии химической связи в поле точечного заряда // *Доповіді Національної академії наук України*. – 2010. – №4. – С. 88-96.
13. Соболев В.В., Скобенко О.В., Иванчишин С.Я. Фізика гірських порід: Навчальний посібник для вузів. – Дніпропетровськ: Поліграфіст, 20093. – 255 с.
14. Дерibas А.А. Физика упрочнения и сварки взрывом. – Новосибирск: Наука, 1980. – 221 с.

УДК 662.215

Куливар В.В., аспирант кафедры строительства, геотехники и геомеханики
(Национальный технический университет «Днепропетровская политехника», г. Днепр, Украина)

ИЗМЕРЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ К ДЕЙСТВИЮ ЛАЗЕРНОГО ИМПУЛЬСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Синтезированные светочувствительные взрывчатые композиты [1,2], представляющие собой новый класс первичных инициирующих взрывчатых веществ (ВВ) [3,4], созданы исключительно для лазерных систем инициирования [5,6]. Предложенный в работе квантово-механический метод расчета устойчивости химической связи при физических внешних воздействиях [7,8] был использован для определения влияния точечного заряда на устойчивость связей С-Н, С-С, С-О и др. Для синтезированных ВВ достаточно хорошо изучен механизм зажигания лазерным моноимпульсом [9-11].

Надежность лазерного инициирования ВВ зависит от нескольких физико-технических факторов, в том числе, от особенностей распределения плотности энергии в лазерном пучке [9].

Цель работы – повышение надежности и достоверности методики определения чувствительности взрывчатых веществ к лазерному импульсному излучению с использованием методики определения функции распределения энергии в лазерном пучке.

Предложена методика определения функции распределения плотности энергии в лазерном основана на экспериментальном определении диаметров отпечатков, возникающих при воздействии лазерных импульсов различной энергии на материал, претерпевающий фазовое превращение, наблюдаемое визуально или под микроскопом моноимпульсом [12]. В качестве такого материала использовалась засвеченная фотобумага или цветная бумага с тонким слоем красящего вещества, меняющего окраску при лазерном воздействии. Основное требование к данной методике заключается в том, чтобы функция распределения интенсивности излучения в поперечном сечении пучка не изменялась от импульса к импульсу. Это требование выполняется при стабильной работе лазера, генерирующего импульсы одинаковой энергии. Полученные результаты показаны на рис. 1 и 2.

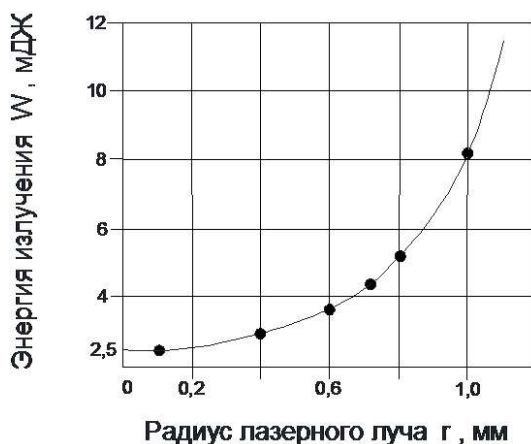


Рис. 1. Интенсивность излучения в поперечном сечении лазерного луча [12]

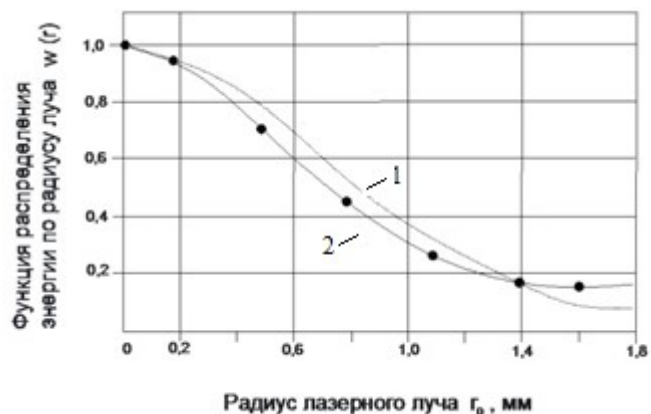


Рис. 2. Гауссово распределение энергии по радиусу лазерного луча: 1 – расчетное значение; 2 – экспериментальные данные [12]

В работе установлены закономерности распределения плотности энергии в сечении лазерного луча. Показано, что теоретические и экспериментальные зависимости плотности энергии от радиуса лазерного луча характеризуются распределением Гаусса и мало отличаются друг от друга. Экспериментально установлено изменение интенсивности излучения в поперечном сечении лазерного луча

Практическое применение лазерного инициирования связано с совершенствованием известных способов создания профилированных детонационных волн в зарядах ВВ и ударных плоских, цилиндрических, конических, сферических волн в различных материалах. Методы создания таких волн характеризуются максимально высокой повторяемостью результатов, высокой эффективностью при минимально возможных энергетических затратах.

Перечень ссылок

1. Chernai, A.V., Sobolev, V.V., Chernaj, V.A., Ilyushin, M.A., Dlugashek, A. (2003) Laser initiation of charges on the basis of di-(3-hydrazino-4-amino-1,2,3-triazol)-copper (II) perchlorate // *Fizika Goreniya i Vzryva*. Volume 39, Issue 3, 2003, Pages 105-110.
2. Чернай А.В., Соболев В.В., Чернай В.А., Илюшин М.А., Длугашек А. Лазерное инициирование взрывчатых составов на основе ди-(3-гидразино-4-амино-1,2,3-триазол)-медь (II) перхлората // *Физика горения и взрыва*. – 2003. – 39 (3). – С. 105-110.
3. Sobolev V.V., Ustimenko E.B., Nalisko N.N., Kovalenko I.L. The macrokinetics parameters of the hydrocarbons combustion in the numerical calculation of accidental explosions in mines // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, – 2018 – №1 – P. 89-98.
4. Sobolev V., Shiman L.N., Nalisko N.N., Kirichenko A.L. (2017). Computational modeling in research of ignition mechanism of explosives by laser radiation // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, – 2017. – №6. – P. 53-60.
5. Chernaj, A.V., Sobolev, V.V. (1995) Laser method of profiled detonation wave generation for explosion treatment of materials // *Fizika i Khimiya Obrabotki Materialov*, Issue 5, September 1995, Pages 120-123.
6. Chernaj, A.V., Sobolev, V.V., Ilyushin, M.A., Zhitnik, N.E. (1994) The method of obtaining mechanical loading pulses based on a laser initiation of explosion of explosive coatings // *Fizika Goreniya i Vzryva* Volume 30, Issue 2, March 1994, Pages 106-111.
7. Соболев В.В., Скобенко О.В., Иванчишин С.Я. *Фізика гірських порід: Навчальний посібник для вузів*. – Дніпропетровськ: Поліграфіст, 20093. – 255 с.
8. Соболев В.В. Закономерности изменения энергии химической связи в поле точечного заряда // *Доповіді Національної академії наук України*. – 2010. – №4. – С. 88-96.
9. Чернай А.В., Соболев В.В. К вопросу о механизме зажигания взрывчатых веществ лазерным моноимпульсом // *Физика и техника высоких давлений*. – 1994. – №2. – С. 111-115.
10. Chernai, A.V., Sobolev, V.V., Ilyushin, M.A., Zhitnik, N.E. (1994) Generating mechanical pulses by the laser blasting of explosive coating // *Combustion, Explosion, and Shock Waves* Volume 30, Issue 2, March 1994, Pages 239-242.
11. Chernai, A.V., Sobolev, V.V., Ilyushin, M.A., Zhitnev, N.E., Petrova, N.A. On the mechanism of ignition of energetic materials by a laser pulse // *Chemical Physics Reports* Volume 15, Issue 3, 1996, Pages 457-462.
12. Kyrychenko O.L., Kulivaqr V.V., Skobenko O.V., Khalymendyk O.V. A technique to measure sensitivity of explosives to the effect of laser pulse radiation Purpose. Improving reliability of the technique to determine sensitivity of explosives to laser pulse radiation // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. – 2019. – № 4. – P. 11-15.

УДК 622.271.4

Люненко Т.О., магістрант, Пикало В.М., студентка 3 курсу групи ОГ-г61-1
Науковий керівник: Вапнічна В.В., к. т. н., доцент кафедри геоінженерії
(Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна)

ВПЛИВ ЗАМІНИ ОБЛАДНАННЯ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ВИДОБУТКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН РОДОВИЩА

Вступ. Звірківське родовище гранітів знаходиться в 1 км на схід від м. Умань Уманського району, Черкаської області України, на правому підвищеному схилі р. Уманка. Загальна площа родовища в межах контуру підрахунку промислових запасів гранітів складає 21,5 га. Промислові запаси граніту станом на 01.01.2013 р. в межах кар'єру складають за категоріями В+С₁ – 5949,8 тис. м³, в тому числі: В – 5211,7 тис. м³, С₁ – 738,1 тис. м³. Об'єм розкривних порід в межах підрахунку запасів – 1961,0 тис. м³. Коефіцієнт розкриву 0,33 при річній продуктивності підприємства 110 тис. м³ щебню. Корисною копалиною є граніти і магматити уманського комплексу. Глибина залягання гранітів на площі підрахунку запасів 2012-2013 років змінюється від 0,5 м (сверд. 15) до 26,0 м (сверд. 1492). Середня глибина залягання – 15,5 м. Граніт тріщинуватий, система тріщин в кар'єрі утворює матрацеподібну глибову окремість. Абсолютні відмітки покрівлі корисної копалини змінюються від 138,3 м до 169,4 м.

Для зняття рослинно-грунтового шару використовують бульдозер Т-130, на розкривних уступах застосовують екскаватор ЕО-4111Б, для бурових робіт використовують станки СБУ-100 Г і НКР-100 СВІ № 6, видобувні роботи проводяться екскаватором ЕКГ-5А в комплексі з автосамоскидами БілаЗ-75405 [1].

Актуальність. Для збільшення продуктивності видобутку корисних копалин на родовищі з покращеною оптимізацією виробничих процесів, що зменшує кількість робітників для виконання складних операцій, менші затрати на ремонт більш сучасного обладнання пропонується замінити існуюче обладнання, а саме екскаватор ЕКГ-5А з ємністю ковша 5 м³ на екскаватор Hitachi EX1200-6 з ємністю ковша 6 м³ в комплексі з автосамоскидом БілаЗ-75405, у зв'язку з вищою продуктивністю роботи екскаватора Hitachi EX1200-6 в порівнянні з екскаватором ЕКГ-5А [1-6].

Результати роботи. Змінна продуктивність екскаватора ЕКГ-5А (м³) при навантаженні в автотранспорт визначається за формулою:

$$H_A = \frac{(T_{CM} - T_{ПЗ} - T_{ЛН}) \times Q_K \times Ч_K}{T_{ПС} + T_{УП}} = \frac{(480 - 35 - 10) \times 3,0 \times 4}{2,3 + 0,5} = \frac{5220}{2,8} = 1864,3 \text{ м}^3,$$

де $T_{CM} = 480$ – тривалість однієї зміни, хв;

$T_{ПЗ} = 35$ – час на виконання підготовчо-заклучних операцій, хв;

$T_{ЛН} = 10$ – час на власні потреби, хв;

Q_K – об'єм гірничої маси в цільнику в одному ковші, м³, визначається по формулі: $Q_K = E \times K_B = 5,0 \times 0,6 = 3,0 \text{ м}^3$;

$Ч_K$ – число ковшів, завантажених в один самоскид:

$$Ч_K = \frac{C_T}{Q_K \cdot \gamma} = \frac{30}{3,0 \cdot 2,66} = 3,76.$$

Приймемо 4 ковші.

$C_T = 30$ – вантажопідймальність самоскида, т;

$\gamma = 2,66$ – коефіцієнт об'ємної ваги гірничої маси, т/м³;

$T_{ПС}$ – час навантаження одного самоскида, хв:

$$T_{ПС} = \frac{Ч_K}{П_{Ц}} = \frac{4}{1,74} = 2,3 \text{ хв,}$$

де $П_{Ц} = 1,74$ – число циклів екскавації;

$T_{УП} = 0,5$ – час постановки самоскида БілаЗ 75405 під завантаження, хв.

З урахуванням поправочних коефіцієнтів:

- на планування бульдозером проїзду до екскаватора $K = 0,97$;
- на проведення вибухових робіт $K = 0,97$;
- екскавація гірничої маси з наявністю негабаритів $K = 0,85$ (НТП – табл. III) [2].

$$H_a = 1806,9 \times 0,97 \times 0,97 \times 0,85 = 1445,1 = 1445 \text{ м}^3$$

Змінна продуктивність екскаватора Hitachi EX1200-6, м^3 при навантаженні в автотранспорт визначається за формулою:

$$H_A = \frac{(T_{СМ} - T_{ПЗ} - T_{ЛН}) \times Q_K \times Ч_K}{T_{ПС} + T_{УП}} = \frac{(480 - 35 - 10) \times 3,6 \times 3,0}{1,72 + 0,5} = \frac{4698}{2,22} = 2116,2 \text{ м}^3,$$

де $T_{СМ} = 480$ – тривалість однієї зміни, хв;

$T_{ПЗ} = 35$ – час на виконання підготовчо-заклучних операцій, хв;

$T_{ЛН} = 10$ – час на власні потреби, хв;

Q_K – об'єм гірничої маси в цільнику в одному ковші, м^3 , визначається за формулою:

$$Q_K = E \times K_B = 6 \times 0,6 = 3,6 \text{ м}^3;$$

$Ч_K$ – число ковшів, завантажених в один самоскид:

$$Ч_K = \frac{С_T}{Q_K \times r} = \frac{30}{3,6 \times 2,66} = 3,13.$$

Приймаємо 3 ковша.

$С_T = 30$ – вантажопідймальність самоскида, т;

$r = 2,66$ – коефіцієнт об'ємної ваги гірничої маси, т/м^3 ;

$T_{ПС}$ – час навантаження одного самоскида, хв:

$$T_{ПС} = \frac{Ч_K}{П_{Ц}} = \frac{3}{1,74} = 1,72 \text{ хв,}$$

де $П_{Ц} = 1,74$ – число циклів екскавації;

$T_{УП} = 0,5$ – час постановки самоскида БілаЗ 75405 під завантаження, хв.

З урахуванням поправочних коефіцієнтів:

- на планування бульдозером проїзду до екскаватора $K = 0,97$;
- на проведення вибухових робіт $K = 0,97$;
- екскавація гірничої маси з наявністю негабаритів $K = 0,85$ (НТП – табл. III) [2].

$$H_a = 2116,2 \times 0,97 \times 0,97 \times 0,85 = 1692,46 = 1692 \text{ м}^3$$

За результатами розрахунку будуюмо графік залежності змінної продуктивності екскаватора ЕКГ-5А та Hitachi EX1200-6 від об'єму гірничої маси в ковші (рис. 1) та графік залежності змінної продуктивності від кількості ковшів екскаватора ЕКГ-5А та Hitachi EX1200-6, навантажених в один автосамоскид (рис. 2).

Висновок. З проведених розрахунків змінної продуктивності екскаваторів ЕКГ-5А і Hitachi EX1200-6 та графіку видно, що продуктивність екскаватора Hitachi EX1200-6 в порівнянні з екскаватором ЕКГ-5А більша на 247 м^3 або в 1,17 разів. Тобто сучасний екскаватор по своїм показникам продуктивності більш економічно вигідний та доцільний для використання його на даному кар'єрі. Значення об'єму гірничої маси в цілику в одному ковші екскаватора Q_K , м^3 впливає на змінну продуктивність прямопропорційно. Тобто, при збільшенні від $Q_K = 3 \text{ м}^3$ (для екскаватора ЕКГ-5А) до Q_K

= 3,6 м³ (для екскаватора Hitachi EX1200-6) продуктивність екскаватора Hitachi EX1200-6 збільшується за рахунок більшої ємності ковша та меншої кількості ковшів, що вміщуються в автосамоскид БілаЗ-75405. Це дає змогу зменшити час на навантаження породи та прискорити процес видобутку корисної копалини.

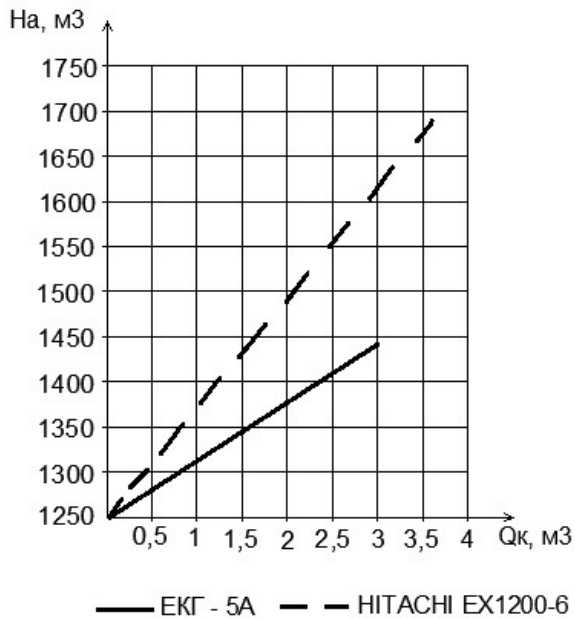


Рис. 1 Графік залежності змінної продуктивності екскаватора ЕКГ-5А та Hitachi EX1200-6 від об'єму гірської маси в ковші

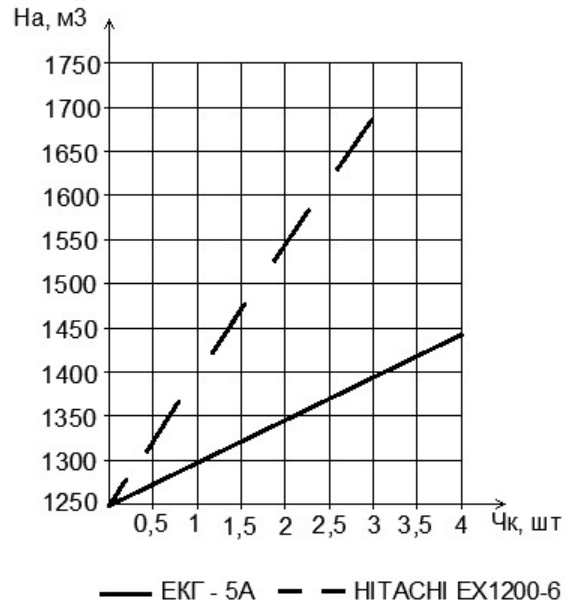


Рис. 2 Графік залежності змінної продуктивності екскаватора ЕКГ-5А та Hitachi EX1200-6 від кількості ковшів, навантажених в один автосамоскид

Перелік посилань

1. Барська Н.М. Геолого-економічна оцінка дорозвіданих та залишкових запасів Звірківського родовища гранітів в Уманському районі Черкаської області / Н.М. Барська, М.Ф. Соболевська, Н.О. Недавніх // Звіт партії нерудної сировини ДП «Центрукргеологія» НАК «Надра України», Черкаси. – 2013. – 251 с.
2. Нормы технологического проектирования предприятий с открытым способом разработки месторождений полезных ископаемых. – К.: Министерство промышленной политики Украины, 2007.
3. Подэрни Р.М. Механическое оборудование карьеров / Р.М. Подэрни. – М.: МГГУ, 2007. – 680 с.
4. Ржевский В.В. Процессы открытых горных работ / В.В Ржевский. – М.: Недра, 1982.
5. Томаков П.И. Технология, механизация и организация открытых горных работ: [учебник для вузов] / П.И Томаков, И.К. Наумов. – М.: МГИ, 1992. – 312 с.
6. Туренко О.М. Розрахункові роботи з технології відкритих гірничих робіт: [навч. посібник] / О.М. Туренко. – К.: ІСДО, 1993. – 320 с.

УДК 622.831.2

Деменко А.В., студент гр. 184м-18-1

Научный руководитель: Солодянкин А.В., д.т.н., профессор кафедры СГГМ
(Национальный технический университет "Днепропетровская политехника", г. Днепр, Украина)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МОНТАЖА ОЧИСТНОГО КОМПЛЕКСА

Для достижения стабильной добычи угля, повышения эффективности эксплуатации высокопроизводительного очистного оборудования, уменьшения времени его простоев, большое значение имеют работы, связанные с монтажом-демонтажем очистных механизированных комплексов. Достаточно сказать, что, например, остановка струговой лавы на шахте Степной ПАО «ДТЭК Павлоградуголь», ежедневно обходится в 1,5 млн. грн.

Монтаж очистных механизированных комплексов (ОМК) – сложный многооперационный и трудоемкий технологический процесс [1-4]. По определению [4]: монтаж – совокупность рабочих процессов, связанных с перемещением, установкой, сборкой составных частей ОМК и очистного оборудования, а также его наладкой. Время монтажа комплексов составляет 20-25 сут, а трудоемкость до 1000 чел.·смен.

Для тонких пологих пластов монтаж ОМК целесообразно выполнять из предварительно пройденной на первом этапе монтажной камеры. После этого сооружается разрезная печь и выполняется монтаж комплекса. Монтаж по рассматриваемому способу выполняется в таком порядке (рис. 1). В нише у вентиляционного штрека на нескольких ставах забойного конвейера собирают комбайн 1. Одновременно в монтажной камере снизу-вверх монтируют скребковый конвейер 2, секции крепи 3, собирают гидро- и электрокоммуникации. Секции крепи доставляют на платформах к рольгангу 4. Лебедкой 5 их стягивают на рольганг и подтягивают к началу монтажной камеры. Далее, тяговой цепью конвейера

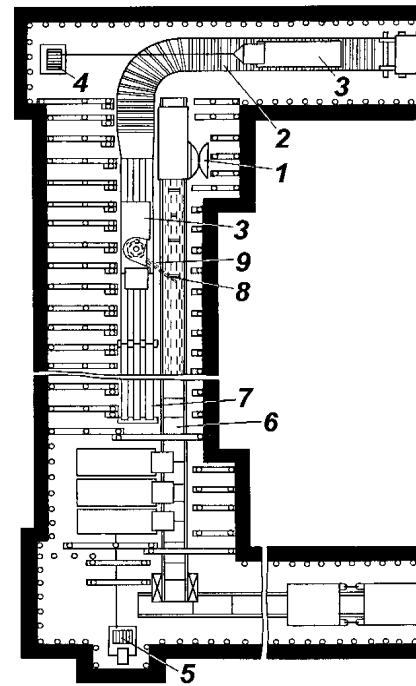


Рис. 1. Схема монтажа ОМК

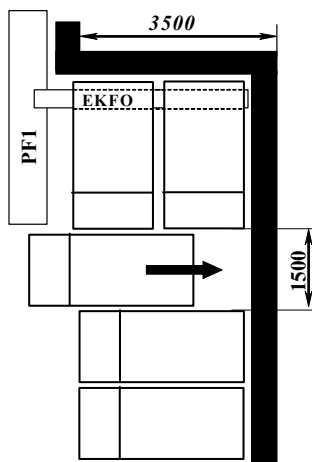


Рис. 2. Проходка разрезной печи вприсечку к базисной выработке с одновременной установкой секций крепи

секции по направляющим 6 транспортируют к месту установки. На цепи их закрепляют при помощи скобы 7 и сцепки 8. Секции устанавливают на расстоянии 4-5 м от ранее смонтированной. Для окончательной установки секций используют канат лебедки 9, установленной на откаточном штреке.

На шахте «Нидерберг» (Германия) предложен способ монтажа комплекса одновременно с проведением разрезной печи буровзрывным способом с выдачей разрушенной породы поперечным конвейером на основной, расположенный в монтажной камере (рис. 2). Вслед за подвиганием забоя разрезной печи, которая на этом участке поддерживается двумя секциями механизированной крепи, заводят секции ОМК [5].

По другой схеме (рис. 3), также реализованной на шахте Германии, заводка механизированного комплекса производилась непосредственно из базисной выработки без

проходки разрезной печи отдельными участками, начиная от концевого привода с выемкой угля стругом [5].

При реализации данного способа снизилась трудоемкость, улучшились условия труда, отпала необходимость в проходке разрезной печи, сократились расходы на материалы и вспомогательное оборудование.

Кроме представленных выше, известен способ заводки комплекса очистного оборудования под кровлю пласта [6], показанный на рис. 4. При данной схеме работ эффективность повышается за счет совмещения операций по проходке разрезной печи и заводке секций очистного комплекса (1) под кровлю пласта. Выемка горной массы производится нарезным комбайном КН-78 (2).

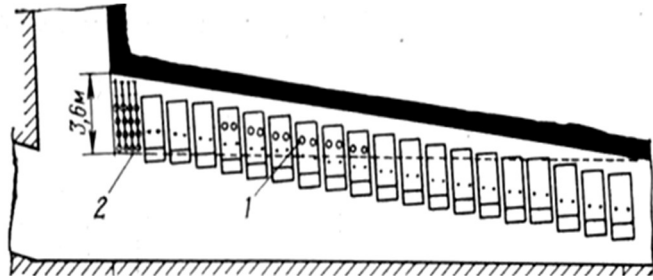


Рис. 2. Схема заводки стругового комплекса под кровлю пласта из базисной выработки: 1 – гидравлическая стойка; 2 – шарнирный верхняк

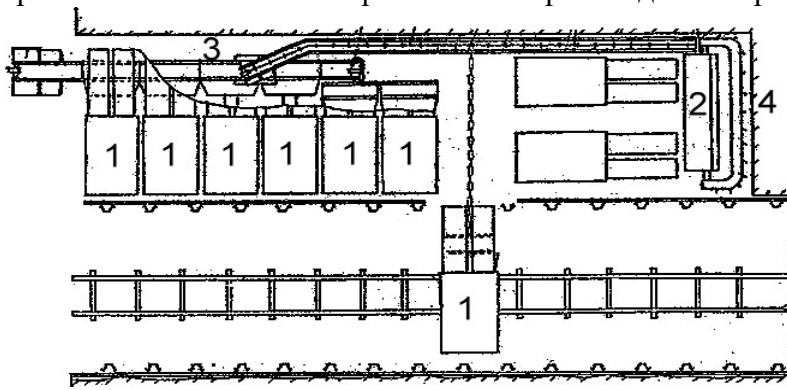


Рис. 4. Заводка стругового комплекса с одновременной проходкой разрезной печи и установкой секций ОМК

При такой схеме появляется возможность использовать для уборки разрушенной горной массы от работы нарезного комбайна лавный конвейер (3), который периодически наращивается по мере продвижения забоя печи (4). Также обеспечивается устойчивость базовой выработки, повышаются темпы проведения разрезной печи и монтажа

оборудования при снижении материальных затрат на ее крепление.

Сравнение итоговых показателей трудоемкости и стоимости работ по рассмотренным способам монтажа механизированных комплексов, показало, что наиболее экономичным по затратам и наименее трудоемким является последний из рассмотренных.

Перечень ссылок

1. Монтаж и демонтаж очистных механизированных комплексов угольных шахт: монография / А.Ф. Борзых и др. – Донецк: Норд-Пресс. – 265 с.
2. Геотехнология отработки угольных пластов струговыми комплексами в условиях шахт Западного Донбасса. – Монография / М.В. Барабаш, В.И. Пилюгин, А.В. Солодянкин, С.Н. Гапеев и др. – Днепр: Литограф, 2015. – 96 с.
3. Шашенко О.М., Солодянкин О.В., Мартовицкий А.В. Управления стійкістю протяжних виробок глибоких шахт. Монографія. – Дніпропетровськ: ЛізуновПрес, 2012. – 384 с.
4. Борзых А.Ф. Монтаж-демонтаж очистных механизированных комплексов. Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5056925/>
5. Янсен П. Развитие лавы из базисной выработки на шахте «Нидерберг» // Глюкауф. – 1985. – № 10. – С. 3-7.
6. Способ заводки комплекса очистного оборудования под кровлю пласта в выемочном столбе / С.Г. Волочей, Г.И. Коршунов // Патент 2003910. Россия. МПК E21 D23/00, Опубл. 1993.11.30. – Бюл. № 43-44.

УДК 621.867

Немірова Ю.А., студент гр. МБ-19-1м

Бельмас І.В., д. т. н., проф., зав каф. технології машинобудування

(Дніпровський державний технічний університет м. Кам'янське, Україна)

ДІАГНОСТИКА ГЕОМЕТРИЧНИХ ДЕФЕКТІВ СИСТЕМИ СПИРАННЯ БАГАТООПОРНОЇ ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ

Виробництво цементу займає особливе місце в будівельній галузі. Основною складовою цементу є клінкер. Здебільшого клінкер виробляють шляхом обпалювання сировини в печах обертання. Печі обертання мають корпус та систему спирання. Корпус – циліндрична оболонка з бандажами для спирання. Корпус футерований з середини вогнетривким матеріалом. Система спирання корпусу сучасних печей має від двох до восьми пар роликів. Розташування роликів, їх діаметри, діаметри бандажів, зазори поміж корпусом та бандажами, змінна по довжині печі температури її корпусу та інші чинники впливають на форму її осі, навколо якої обертається корпус.

Сучасні печі мають корпус, що обертається, діаметром 5 метрів, довжину 185м. Навантаження на опори сягають 50 мН. Відхилення осі корпусу та осі обертання в межах похибок оптичного контролю можуть призводити до відхилення сил в системі спирання до 50% їх номінальних значень. Вказане свідчить про актуальність застосування способів контролю, основаних на реєстрації сил в системі спирання агрегату.

Корпус печі, що спирається більш ніж на дві пари опорних роликів, статично не визначений. Похибки розташування роликів, знос робочих поверхонь роликів та бандажів, інші чинники призводять до зміщення перерізів спирання корпусу відносно осі. В практиці вказані зміщення визначають як викривлення осі обертання корпусу.

Корпус складений з обичайок. Останні поміж собою зварюють. В процесі роботи корпус печі випалу нагрівається. Його температура змінюється вздовж корпусу і в його перерізах. Похибки складання, нерівномірне нагрівання корпусу, сила тяжіння спричиняють викривлення лінії розташування центрів перерізів спирання корпусу. Вказане викривлення в практиці визначають як викривлення осі корпусу. Будемо послуговуватися виробничими термінами. Вісі обертання та корпусу просторові ламані. Визначення цих ліній – важка задача. Вона ускладнюється наявністю похибок інструментального контролю та практично не можлива в процесі роботи печі.

Викривлення осей статично не визначених корпусів печей спричиняє зміну силової взаємодії роликів та корпусу. Вертикальна та горизонтальна проекції реакції проміжних опор корпусу:

$$P_j^e = p_j^e + (\delta_{ij})^{-1} [\Delta_{oi}^e + \Delta_{ki}^e \cos(T + \beta_i)], \quad (1)$$

$$P_j^c = p_j^c + (\delta_{ij})^{-1} [\Delta_{oi}^c + \Delta_{ki}^c \sin(T + \beta_i)], \quad (2)$$

де p_j^e , p_j^c – реакцій опор за прямолінійних осях обертання і корпусу;

δ_{ij} – матриця одиничних переміщень опорних перерізів корпусу печі;

Δ_{oj}^e , Δ_{oj}^c , Δ_{kj}^e , Δ_{kj}^c – вектори відхилень опор та осі корпусу від прямої;

T – кут повороту корпусу;

β_i – кут нахилу площини відхилення від прямої осі корпусу на i -тій опорі.

Матриця одиничних переміщень

$$\delta_{ij} = \Delta_{ij} + f_{ij} + \varepsilon_{ij}, \quad (3)$$

де Δ_{ij} – матриця одиничних переміщень корпусу, що спирається на крайні недеформовані опори, та не враховує його поперечні деформації;

f_{ij} – матриця впливу деформацій крайніх опор;

ε_{ij} – діагональна матриця одиничних деформацій проміжних опор.

Останні дві матриці включають деформації опор і поперечні деформації корпусу в районі цих опор. Пропонуємо використати тензометричний контроль сил тиску корпусу печі на її опори. Визначити відхилення від проектних сил тиску корпусу на опорні ролики. Відомі відхилення, що визначені при двох (через 180^0 його повороту) положеннях корпусу печі, дозволяють з використанням формули (1) визначати викривлення осі обертання у вертикальній та горизонтальній площинах. Значення реакцій проміжних опор корпусу для трьох його положень (через 120^0) $(P_{1j}^{\beta}, P_{2j}^{\beta}, P_{3j}^{\beta})$, надають можливість визначити викривлення корпусу печі в площині в момент першого замірювання за наступними формулами.

$$\Delta_{oi}^{\beta} = \frac{(P_{1j}^{\beta} + P_{2j}^{\beta} + P_{3j}^{\beta} - 3P_j^{\beta})\delta_{ij}}{3},$$

$$\beta_i = \arctg \sqrt{3} \frac{(P_{1j}^{\beta} - P_{2j}^{\beta})\delta_{ij}}{(2P_{1j}^{\beta} - P_{2j}^{\beta} - P_{3j}^{\beta})\delta_{ij}},$$

$$\Delta_{ki}^{\beta} = \frac{(2P_{1j}^{\beta} - P_{2j}^{\beta} - P_{3j}^{\beta})\delta_{ij}}{3 \cos \beta_i}.$$

Аналогічні перетворення залежностей (2) дозволяють знайти дефекти форми корпусу печі і в нормальній до попередньо розглянутої площині шляхом контролю сил в системі спирання корпусу печі. Відомі дефекти осі корпусу печі дозволяють завчасно розробити технічні рішення, підготувати технічну документацію, матеріали та засоби для проведення ремонту агрегату.

Усунення викривлення осі обертання корпусу в процесі, зокрема, і під час роботи печі обпалювання, сплановані, підготовлені та вчасно здійснені ремонтні роботи дозволяють підвищити ефективність експлуатації печей випалу клінкеру на цементних заводах.

Чоботько І.І., аспірант кафедри дизайну і інжинірингу у машинобудуванні
Наукові керівники: Франчук В.П., д.т.н., проф. кафедри дизайну і інжинірингу у машинобудуванні; **Соболєв В.В.**, д.т.н., проф. кафедри БГГМ
(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»)
Тинина С.В., к.т.н, с.н.с. відділу механіки еластомірних конструкцій гірничих машин
(Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, м. Дніпро)

АНАЛІЗ ТЕРМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ПОРОДНИХ ВІДВАЛАХ НА ОСНОВІ ТЕРМОГРАФІЧНИХ ЗЙОМОК

Породні відвали шахт чинять негативний вплив на навколишнє середовище. Після розвантаження породи на поверхню відвалу вона скочується по схилам вниз, внаслідок чого відбувається розподілення порід за класом крупності. Основу відвалу утворюють шари породи, які складені з кусків крупних фракцій, між якими є значний проміжок, що сприяє безперешкодному доступу повітря всередину відвала. Чим крупніша відвальна маса й більша висота (20-25 м) відвалу, тим більша його пористість й повітропроникність. Та, навпаки, значна щільність при висоті більше (40 м) створює осередок горіння за рахунок інтенсивного притоку повітря з пористої основи відвалу й провокує його рух до вершини на відстані від основи (до 10 м) [1].

Розроблена методика термографічних зйомок дозволяє заздалегідь виявити місця розташування осередків горіння відвалів на стадії їх формування.

Фізико-хімічний процес горіння відвалів полягає у переході хімічної системи з низькотемпературного стану у стан горіння внаслідок утворення тепла всередині відвалу та впливу його ззовні. Джерелом самозаймання є хімічні реакції окису активних компонентів за допомогою кисню, який поступає у відвал ззовні або утворюється внаслідок розкладання компонентів на основі піриту всередині системи [1,2].

Формування породних відвалів здійснюється наступним відвальним обладнанням: одноковшеві екскаватори; конвеєрні відвалоутворювачі (консольні й транспортно-відвальні мости); автомобільний транспорт (автоскиди).

Найбільш розповсюджений спосіб формування відвалів – конічний. За допомогою автомобільного транспорту при скиданні порода має неоднорідну структуру, тобто складається з фракцій різних кусків породи діаметром від 15 до 400 мм. Тяжка фракція (100-400 мм) під дією сили гравітації осаджується першою, таким чином формуючи остов відвалу, середня фракція (50-95мм) насипається другим шаром та легка фракція (15-25 мм) складає третій шар тіла відвалу. Таким чином, за певний проміжок часу відбувається процес усадки породи (ущільнення), що сприяє виникненню теплових зон займання. Основним впливом на початкові стадії горіння відвалів є вітрова ерозія та проникнення вологи всередину міжкускового простору, внаслідок чого утворюються окислювально-відновлювальні реакції за участю окислів заліза та порід з багатим вмістом піриту [2,3].

На рис.1 зображено графік розподілення фракцій кусків породи в залежності від її розмірів та питомої маси. Враховується висота розвантаження H (м) фракцій, що впливає на відстань переміщення розсипу кусків L (м). Зі збільшенням висоти розвантаження породи пропорційно зростає кут відкосу відвалу, що провокує переміщення легкої (дрібної) фракції порід на значну відстань [4,5].

На рис. 2 зображено техногенний ландшафт породного відвалу, через який проходить автомобільна дорога, по якій проходить інтенсивний рух транспорту (автоскидів). З рисунку видно наявність дрібнодисперсної фракції породи (дорога), в якій під час ущільнення виникають концентратори теплових зон горіння.

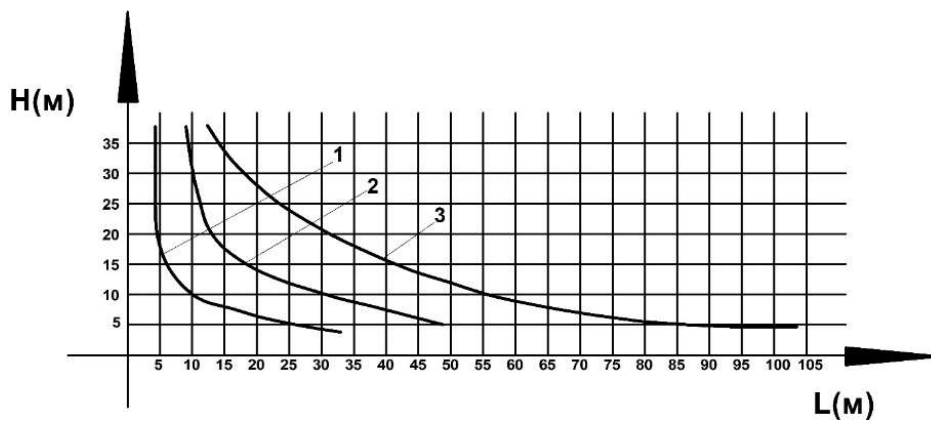


Рис.1. Графік розподілення фракцій відвальної породи в залежності від висоти та довжини відвалу: 1 – тяжка фракція; 2 – середня фракція; 3 – легка фракція

Термографічна зйомка (рис. 3) показує температурну різницю теплових зон концентраторів горіння (мінімальна $13,3^{\circ}\text{C}$, максимальна $40,6^{\circ}\text{C}$), що свідчить про інтенсивні процеси горіння, які відбуваються у концентраторі.



Рис. 2. Техногенний ландшафт породного відвалу (автомобільна дорога)

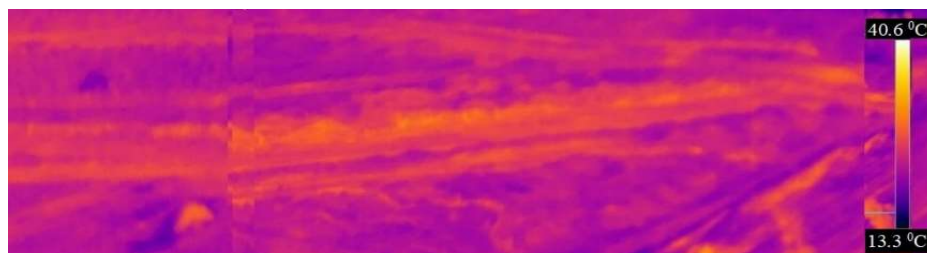


Рис. 3. Термограма концентраторів горіння породного відвалу

Перелік посилань

1. Чоботько І.І. Технологічна схема пристрою зрошування вапнякової суспензії консольного відвалоутворювача ВКР 8000/100 / І.І. Чоботько, С.В. Тинина, В.П. Франчук // ВІСТІ Донецького гірничого інституту. Донецький національний технічний університет. Покровськ. – 2019. – № 1 (44). – С. 138-144.

2. Чоботько І.І. Методи та засоби локалізації осередків самозаймання породних відвалів / І.І. Чоботько, С.В. Тинина // Міжвідомчий збірник наукових праць «Геотехнічна механіка». Дніпро. – 2018. – Вип. 142. – С. 134-139.

3. Чоботько І.І. Проблеми експлуатації та методи запобігання загоранню породних відвалів / І.І. Чоботько, С.В. Тинина // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – 2017. – Т. 44. – С. 146-151.

4. Зубов А.Р. Экспертная система оценки породных отвалов угольных шахт как структурных элементов экологических сетей / А.Р. Зубов, А.А. Зубов // Уголь Украины – 2016. – № 2. – С. 31-37.

5. Зборщик М.П. Природа самовозгорания и тушения отвальных пород угольных месторождения / М.П. Зборщик, В.В. Осокин // Уголь Украины – 2015. – № 3-4. – С. 76-78.

УДК 532.593

Кириченко А.Л., к. т. н., главный технолог; Курляк А.В., руководитель группы;
Балакин О.А, руководитель группы

(Государственное предприятие «Научно-производственное объединение
«Павлоградский химический завод», г. Павлоград, Днепропетровская обл., Украина)

ОЦЕНКА УДАРНОВОЛНОВЫХ ПАРАМЕТРОВ НА СТЕНКЕ СКВАЖИННОГО ЗАРЯДА

Одним из технических решений уменьшения объемов переизмельчённых пород, потери минерального сырья и снижения затрат на взрывные работы при добыче открытым способом нерудных полезных ископаемых является конструкция скважинного заряда переменного диаметра по высоте уступа с использованием полиэтиленовых рукавов [1,2]. Часто для оценки давления P на границе продукты взрыва-порода используют выражение [3]:

$$P = \rho_0 D^2 / 8, \quad (1)$$

где D – скорость детонации заряда ВВ; ρ_0 - плотность ВВ.

Однако данное выражение используют для оценки давления в плоскости Чепмена-Жуге в предположении, что детонация произошла мгновенно во всем объёме ВВ, в котором установилось одинаковое давление продуктов взрыва при плотности ρ_0 и равной нулю массовой скорости за фронтом детонации. Более точное выражение следующее:

$$P = \rho_0 D^2 / (k+1), \quad (2)$$

где k – показатель политропы продуктов взрыва; для большинства ВВ $k = 2,7-3,2$.

В опытах по регистрации давлений во фронте детонационной волны используют плоские детонационные волны, которые относительно легко могут быть созданы при лазерном инициировании ВВ [4-7]. Используя методику определения массовой скорости частиц на границе раздела взрыва-преграда находят для преграды и в точке Чепмена – Жуге плотность и массовую скорость частиц. Значения как давлений, так и массовых скоростей на границе раздела (точка В) будут совпадать (рис. 1 и рис. 2) P^* и u^* .

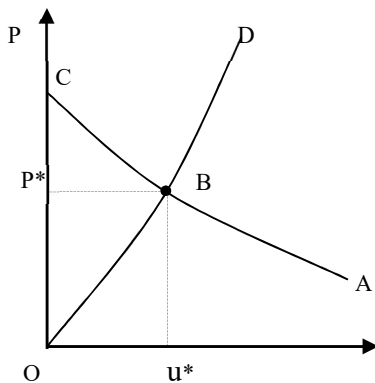


Рис. 1. Общий вид P-u-диаграмм

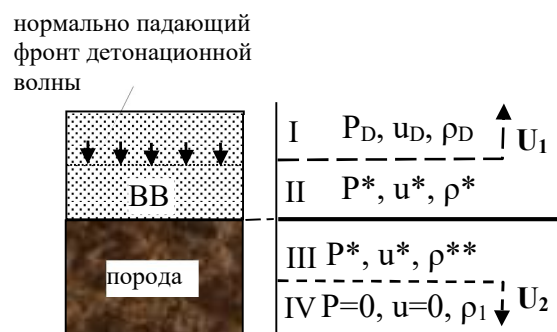


Рис. 2. Плоские волны в системе ВВ-порода (контактный взрыв)

Если акустическая жесткость породы превышает акустическую жесткость продуктов взрыва, что справедливо для многих горных пород, то при выходе детонационной волны на границу раздела порода–ВВ в породе и продуктах взрыва распространяются ударные волны, рис. 1 и 2. Давление и скорость за фронтом обеих волн P^* , u^* лежат на пересечении ударных адиабат породы (OD) и продуктов детонации (AC).

Аналитические расчеты рекомендуется проводить с использованием известных выражений:

$$\rho_D (u_D + D_1) = \rho^* (u^* + D_1), \quad (3)$$

$$P^* - P_D = \rho_D (u_D + D_1)(u_D - u^*), \quad (4)$$

$$P_1 D_2 = \rho^{**}(D_2 - u^*), \quad (5)$$

$$P = \rho_1 D_2 u^*, \quad (6)$$

$$P^* = \rho_1 (a + b u^*) u^*, \quad (7)$$

$$P^* = A \rho^{*k}, \quad (8)$$

где P_D , ρ_D и u_D – соответственно давление, плотность и массовая скорость частиц за фронтом детонационной волны; P^* , u^* , ρ^* – соответственно давление, скорость частиц и плотность в ПВ за фронтом отраженной от поверхности породы (границы раздела) ударной волны; P^* , u^* , ρ^{**} – давление, скорость частиц и плотность породы за ударной волной, распространяющейся от границы раздела; P , ρ_1 и u – начальные параметры (давление, массовая скорость частиц и плотность) в породе; D_1 и D_2 – соответственно скорость ударной волны в ПВ и в породе.

Соотношения (3) и (4) – это законы сохранения на ударной волне I в продуктах взрыва. Соотношения (5) и (6) справедливы для ударной волны III в породе, уравнение (6) – это диаграмма состояния породы, а (8) определяет политропу продуктов взрыва. Этих шести уравнений достаточно для определения P^* и u^* .

Перечень ссылок

1. Прокопенко В.С., Туручко И.И. Снижение степени переизмельчения флюсовых известняков при взрывах скважинных зарядов в рукавах // Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Гірництво». – 2010. – Вип. 19. – С. 63-70.
2. Ефремов Э.И., Николенко Е.В., Баранник В.В. Способ эффективной взрывной отбойки обводненных горных пород на нерудных карьерах // Геотехнічна механіка. – 2015. – №125. – С. 137-145.
3. Даниленко В.В. Взрыв: физика, техника, технология. – М.: Энергоатомиздат, 2010. – 784 с.
4. Chernaj, A.V., Sobolev, V.V. (1995) Laser method of profiled detonation wave generation for explosion treatment of materials // Fizika i Khimiya Obrabotki Materialov, Issue 5, September 1995, Pages 120-123.
5. Чернай А.В., Соболев В.В., Чернай В.А., Илюшин М.А., Длугашек А. Лазерное инициирование взрывчатых составов на основе ди-(3-гидразино-4-амино-41,2,3-триалол)-медь (III) перхлората // Физика горения и взрыва. – 2003. – Вып. 39 (3). – С. 105-110.
6. Chernaj, A.V., Sobolev, V.V., Ilyushin, M.A., Zhitnik, N.E. (1994) The method of obtaining mechanical loading pulses based on a laser initiation of explosion of explosive coatings// Fizika Gorennya i Vzryva Volume 30, Issue 2, March 1994, Pages 106-111.
7. Sobolev V.V., Ustimenko E.B., Nalisko N.N., Kovalenko I.L. The macrokinetics parameters of the hydrocarbons combustion in the numerical calculation of accidental explosions in mines // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, – 2018 – №1 – P. 89-98.