

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет  
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

**ІНСТИТУТ ГЕОТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ  
ім. М.С. Полякова НАН УКРАЇНИ**



**Т Е З И**

**XIX**

**Всеукраїнської науково-технічної конференції  
«ПОТУРАЄВСЬКІ ЧИТАННЯ»**

**Конференція присвячена**

**99-й річниці з дня народження  
АКАДЕМІКА НАН УКРАЇНИ В.М. ПОТУРАЄВА**

**22 квітня  
Дніпро 2021**

УДК 622.232  
ББК 34.42  
П64

*Електронний збірник містить тези доповідей, поданих на ХІХ щорічну науково-технічну конференцію «ПОТУРАЄВСЬКІ ЧИТАННЯ». Основна частина матеріалів відображує наукові напрями досліджень співробітників Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, а також викладачів, аспірантів і студентів кафедри інжинірингу та дизайну в машинобудуванні НТУ «Дніпровська політехніка».*

*До тез увійшли роботи представників Вінницького національного технічного університету, Національного університету «Львівська політехніка», Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне), Учбово-наукового технологічного інституту Державного університету економіки і технологій (м. Кривий Ріг).*

*Технічна обробка і комп'ютерний набір О.В. Анциферова*

© Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка», 2021

**ОБГРУНТУВАННЯ ФОРМУЛЮВАННЯ ДОПОВНЕНЬ  
НОРМАТИВНОГО ДОКУМЕНТА СОУ 10.1.00174088011-2005  
ПІДРОЗДІЛАМИ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ ОБ'ЄКТИВНИЙ  
ЗВ'ЯЗОК ГІДРАВЛІЧНИХ І ГЕОМЕХАНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ  
ГІДРОРОЗПУШУВАННЯ**

Мінеєв .С.П., д.т.н. проф., Усов О.О., к.т.н. с.н.с.,  
Поляков Ю.Є., м.н.с. відділу керування динамічними проявами гірничого тиску  
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук  
України, м. Дніпро, Україна

Гідророзпушування вугільних пластів є одним з основних локальних заходів зниження викидонебезпечності вугільних пластів [1].

У стандарті Мінвуглепрому України (СОУ 10.1.00174088011-2005) [2] вимоги до геометричних і гідравлічних групам параметрів подаються нарізно без акцентування їх об'єктивно існуючого взаємозв'язку. Відсутність в ньому хоча б найзагальніших відомостей про взаємозв'язок між, витратою води, довжиною свердловини і глибиною її герметизації призводить в деяких випадках до істотного погіршення якості та продуктивності гідро обробки.

В нормативному документі СОУ 10.1.00174088011-2005 ([2], п.9.1.20) гідророзпушування вважається ефективним, якщо активний процес завершено, тиск у гідросистемі зменшився на 30% і більше від досягнутого максимального, а резонансна частота акустичного сигналу не перевищує 120 Гц або коефіцієнт її варіації в тимчасових інтервалах більше ніж 15%.

Але в цьому документі нічого не сказано про те наскільки поточна ефективність наближена до максимальної, якої можна досягнути за рахунок правильного вибору гідравлічних і геометричних параметрів процесу. Межі зміни цих параметрів частково визначаються вимогами та рекомендаціями нормативного документу, частково – технічними можливостями обладнання, але остаточно – результатами дослідних нагнітань.

На нашу думку визначальним критерієм для оцінки ефективності гідророзпушування є характер бародинамічної кривої, а визначальним параметром – кінцевий тиск нагнітання[4].

Аналізом наших експериментальних шахтних досліджень встановлено, що існують дві форми бародинамічної кривої – асимптотична – з вираженою ділянкою стабілізації тиску, і екстремальна, при якій така ділянка відсутня, а тиск, що піднявся за 1 - 2 хвилини до максимуму, в подальшому плавно знижується протягом десятків хвилин – рисунок 1.

В основному падіння тиску збігається з появою витоку, що спостерігається на оголеній поверхні пласта [3].

Якщо бародинамічна крива має асимптотичний характер (виражену ділянку стабілізації тиску), то витік відбувається в одному місці, а кінцевий тиск води без урахування втрат в герметизаторі не перевищує 1 – 2 МПа. При цьому десь в середині гідророзпушення (по тривалості), середній тиск  $P_2$  трохи знижується – не більше 10 – 15% від максимального  $P_m$ , а його падіння до кінцевої величини  $P_k$  триває не більше 1 – 2 хвилин – схема на рисунку 1-а.

Коли бародинамічна крива мала екстремальний (падаючий) характер (рисунки 1-б), то спостерігалось кілька витоків з пласта. А кінцевий тиск був набагато вищим (~ 50% від максимального) і тільки на шахті «Шолоховська» становив 1 МПа.

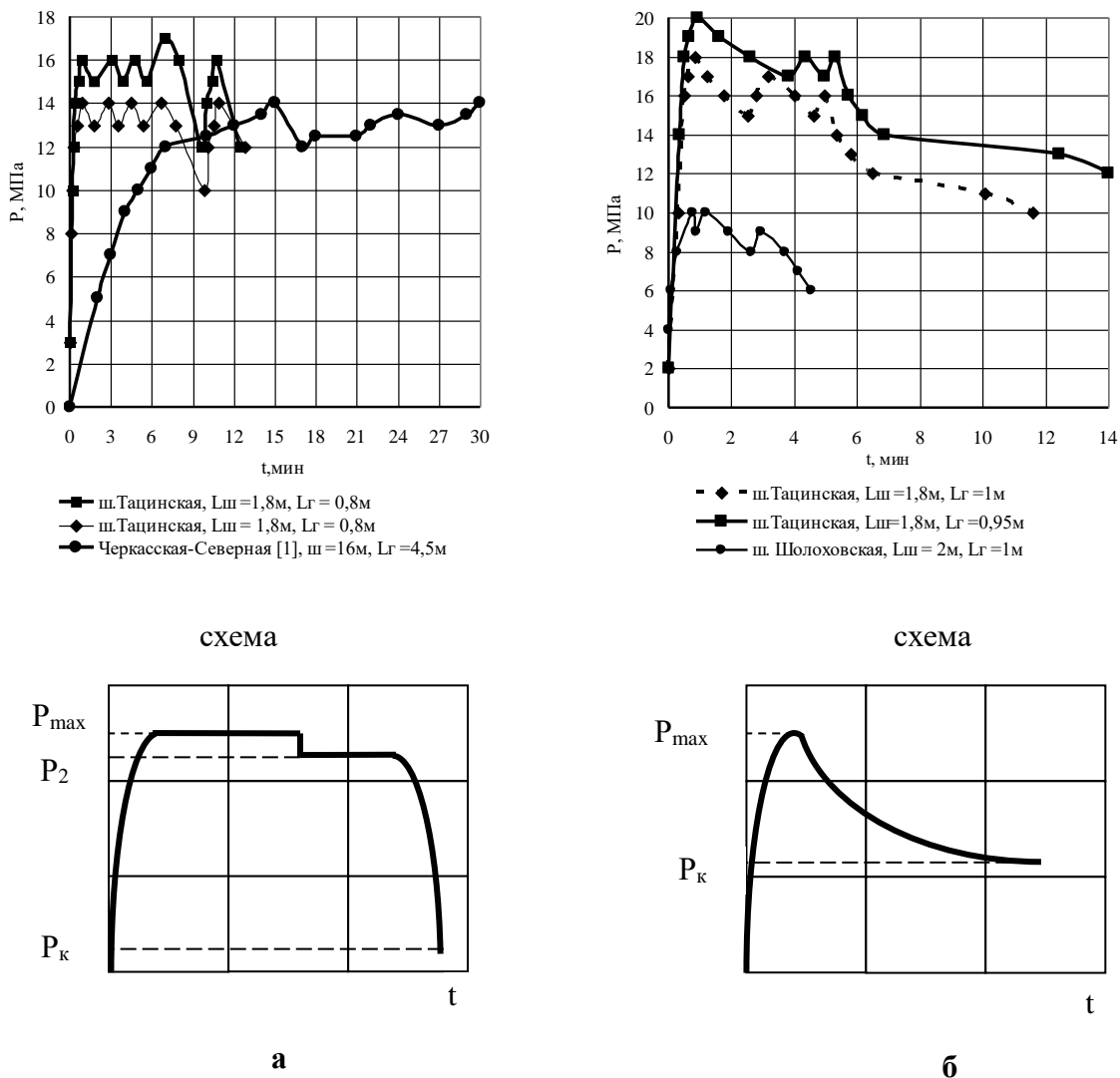


Рис. 1

Зауважимо ще, що низькі значення кінцевого тиску гідророзпушування з асимптотичною бародинамікою практично співпадають зі значеннями кінцевого тиску гідровіджимання, які зазначені в СОУ 10.1.00174088011-2005. Але цей збіг не є підставою для віднесення гідрообробки з асимптотичною бародинамікою до гідровіджимання, бо головної ознаки гідровіджимання – висунення вибою на відстань, що регламентується СОУ 10.1.00174088011-2005 під час шахтних досліджень не спостерігалось.

Хоча спеціальні виміри висунання забою під час наших шахтних досліджень не проводилися, не помітити 5 – 6 см висунання вугілля (згідно вимогам для глибини герметизації 2,5÷3 м) в прохідницькому вибої було не можливо, але ми його ніколи не спостерігали.

Відсутність гідровіджимання при асимптотичній бародинаміці гідророзпушення пояснюється впливом збільшеної довжини фільтруючої частини свердловини (тобто зменшенням погонної витрати). Це запобігає утворенню надмірного тиску в порожнині тріщин, які просуваються від контуру свердловини в напрямку, паралельному вибою.

Наші дослідження показують, що глибина безпечного видобутку вугілля після гідророзпушення з асимптотичною формою бародинамічної кривої при падінні кінцевого тиску в свердловині (без урахування втрат тиску в герметизаторі) до рівня 20 % від максимального, зростає вдвічі у порівнянні з нормами СОУ 10.1.00174088011-2005, які враховують тільки екстремальну форму бародинамічної кривої.

Для збільшення надійності глибину безпечного виймання вугілля після гідророзпушення з асимптотичною бародинамікою рекомендується примати середньою між мінімальним її значенням, яке дорівнює глибині герметизації  $L_T$  (згідно з третім абзацом п. 9.1.3 діючого СОУ 10.1.00174088011-2005, ([2]) та розрахованим нами значенням, яке дорівнює подвійній глибині герметизації  $2L_T$ . Тобто **рекомендувати глибину безпечного виймання вугілля після гідророзпушення з асимптотичною бародинамікою яка дорівнює полуторній глибині герметизації  $1,5L_T$ .**

Внесення відповідних змін до СОУ [2] дозволить суттєво підвищити продуктивність проти викидного заходу – гідророзпушення вугільного пласта при умові контролю ефективності поточного гідророзпушення за кінцевим тиском нагнітання та даними АПСС.

#### Література

1. Минеев С.П. Повышение эффективности гидрорыхления выбросоопасных угольных пластов / Минеев С.П., Потапенко, А.А., Мхатвари Т.Я. и др. - Донецк: Східний видавничий дім, 2013. - 216 с
2. Стандарт Мінвуглепрому України (2005). *Правила ведення гірничих робіт на пластах, схильних до газодинамічних явищ*. Київ: Мінвуглепром України, - 224 с.
3. Минеев, С.П., Усов, О.А., Поляков, Ю.Е. (2018). *Экспериментальное определение допустимого давления гидрорыхления угольного пласта по импульсной индикаторной диаграмме.*, Форум гірників - 2018: матеріали між нар. конф., 4 - 7 жовтня 2018 р., м. Дніпро: Національний гірничий університет, 251-256 с.
4. Лабораторные исследования двумерной фильтрации воды через угольные образцы// Форум гірників - 2017: матеріали між нар. конф., 4-7 жовтня 2017р., м. Дніпро. – Д.: Національний гірничий університет, 2017. С. 298-307 О.А. Усов, С.П. Минеев, Р.А. Дякун, Ю.Е. Поляков, Н.Я. Трохимец, А.С. Янжула, В.П. Рудь

## ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД

Минеев. С.П., д.т.н. проф., Демченко С.В., м.н.с., Рудь В.П., техник 1-ой кат.

Институт геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова  
Національної академії наук України, м. Дніпро, Україна

Для решения ряда теоретических и практических вопросов, связанных с геотермическими исследованиями требуются подлинные данные о тепло-, температуропроводности и теплоемкости горных пород. Решение этих задач требует развития экспериментальной базы теплофизики горных пород (данных об их тепловых свойствах), что представляет собой актуальную научную проблему. В данном направлении к настоящему времени имеются определенные методические разработки [1, 2], но поиск наиболее приемлемых способов изучения тепловых характеристик горных пород продолжается. Перед авторами стояла задача получения данных по теплопроводности образцов пород шахты «Покровская», а также влияние на эту тепловую характеристику влажности. Для решения поставленной задачи проведены экспериментальные исследования теплопроводности образцов горных пород шахты «Покровская» помощью измерителя теплопроводности материалов «МИТ-1» зондовым методом по ГОСТ 30256-94, рабочий стенд которого показан на рисунке.

Целью исследований было определение зависимости теплопроводности от степени насыщенности водой трещин и других пустот образцов песчаника и алевролита шахты «Покровская» в нормальных условиях.



Рис. 1

На первом этапе экспериментальных исследований определялась теплопроводность образцов. Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ п.п.	Теплопроводность $\lambda$ , Вт/м К	
	песчаника	алевролита
1	2,0094	1,9088
2	2,0123	1,8884
3	1,9270	1,8945
4	2,0123	1,9567
5	2,0086	1,9104

На втором этапе экспериментальных исследований определялась зависимость теплопроводности от степени насыщения водой. Теплопроводность сухих образцов ( $\lambda_c$ , Вт/м·К) взята как среднее значение указанных выше исследований. Влажность ( $m_{вл.} - m_{сух.}$ , г) в лабораторных условиях определялась весовым методом (высушивание породы при 105-110°C и последующее её взвешивание).

Результаты измерений приведены в таблице 2 и рисунках 2 и 3.

Таблица 2

№ п.п.	Песчаник					
	$m_{сух.}$ , Г	$m_{вл.}$ , Г	$m_{вл.} - m_{сух.}$ , Г	$\lambda_{сух.}$ , Вт/м·К	$\lambda_{вл.}$ , Вт/м·К	$\lambda_{вл.} - \lambda_{сух.}$ , Вт/м·К
1	473,64	476,05	2,41	1,9939	2,0398	0,0459
2	473,64	476,91	3,27	1,9939	2,0471	0,0532
3	473,64	479,99	6,35	1,9939	2,0538	0,0599
Алевролит						
1	474,37	475,56	1,19	1,9117	2,0412	0,1295
2	474,37	475,74	1,37	1,9117	2,0447	0,1330
3	474,37	476,28	1,91	1,9117	2,0513	0,1396

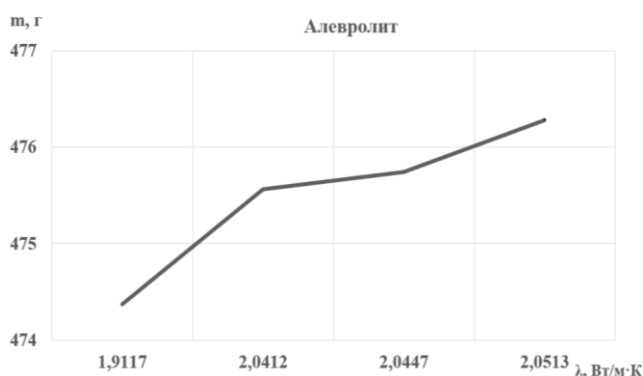


Рис. 2

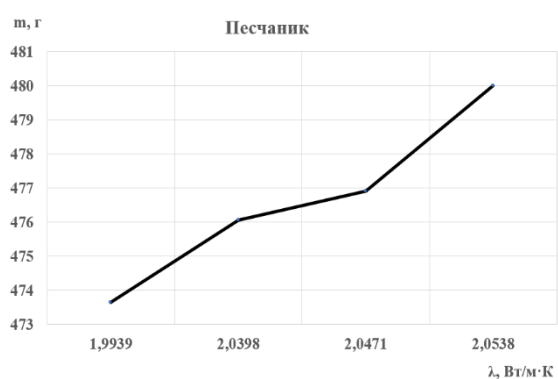


Рис. 3

Резюмируя полученные результаты, можно сказать, что при увеличении весовой влажности рассматриваемых образцов происходит пропорциональное увеличение их теплопроводности. Это объясняется тем, что с увеличением влажности последняя в местах соприкосновения частиц улучшает тепловой контакт, где прежде всего согласно законам капиллярности влага проникая в самые мелкие поры материала, вытесняет из них воздух [3].

#### Литература

1. Липаев, А.А. Теплофизические исследования в петрофизике / Казань: Казанский государственный Университет, 1993. - 147 с.
2. Липаев, А.А., Безруков, Д.В. Исследование тепловых свойств горных пород с помощью серийно выпускаемых приборов: измерителя температуропроводности LFA 467 и дифференциального сканирующего калориметра DSC 204 HP / А.А. Липаев, Д.В. Безруков // Управление техносферой: электронный журнал, 2020. - Т.3. - Вып. 1.
3. Чумаков, И.Г. Холодильные установки / И.Г. Чумаков, В.П. Чепурненко, С.Г. Чулкин 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. - 344 с.

## **ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ ДІЇ ПРИ РОЗРОБЦІ ПЛАСТІВ КРУТОГО ПАДІННЯ**

Д.т.н. Зберовський В.В., к.т.н. Петух А.П., пров. інж. Криворучко О.Н.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова  
Національної академії наук України, м. Дніпро, Україна.

Генеральний директор Юхименко В.А.  
ДП «Торецьквугілля», м. Торецьк, Україна

Розробка способу, а потім технології гідродинамічної дії в ІГТМ НАН України почались у 1980 року. З початку гірничо-експериментальні роботи проводились в умовах крутих викидонебезпечних пластів на шахтах Центрального району Донбасу (ЦРД), а потім в умовах пластів пологого залягання і при дегазації вуглепородної товщі через поверхневі дегазаційні свердловини. У теперішній час спосіб гідродинамічної дії є нормативним [1] і використовується в умовах шахт ДП «Торецьквугілля» при розкритті викидонебезпечних пластів і в зонах підвищеного тиску в нижній частині поверху.

Використання гідродинамічної дії дозволило значно підвищити безпеку праці шахтарів. Достатньо зазначити, що за 40-річну історію проведення досліджень на шахтах ЦРД після гідродинамічної обробки не спостерігалось жодного випадку підвищеного газовиділення або інших ознак газодинамічних явищ (ГДЯ). Суттєвий і найбільш значний обсяг досліджень виконано при розкритті пластів на глибинах від 860 до 1300 метрів і в нижній частині щитових лав [2-4]. На підставі цих досліджень було розроблено нові комбіновані способи з використанням гідродинамічної дії на газонасичені вугільні пласти.

Виходячи з аналізу заходів, що протягом багатьох десятиріч використовувались на шахт ЦРД, і досвіду використання гідродинамічної дії, зроблено наступні висновки.

1. Найбільш ефективним заходом запобігання раптових викидів вугілля й газу при розкритті пластів і в зонах підвищеного гірського тиску, які формуються у верхній та нижній частинах поверху, є використання способу гідродинамічної дії.

2. При проведенні підготовчих виробок по незахищеним пластам і у середній частині поверху в молоткових лавах слід використовувати технологію гідророзпусування пластів.

3. В очисних вибоях, обладнаних щитовими агрегатами, умови безпеки праці забезпечуються дистанційним керуванням конвеєроструга, однак це не вирішує проблему ГДЯ.

Однак, незважаючи на використання цих технологій, ГДЯ, що виникають при видобутку вугілля, супроводжуються тяжкими наслідками, що свідчить про необхідність подальших наукових досліджень. Є декілька причин, чому це питання до теперішнього часу не вирішено:

– це складні гірничо-геологічні та технологічні умови відпрацювання світ вугільних пластів у яких є, як безпечні, так і викидонебезпечні пласти;



– низький рівень механізації видобутку вугілля і складні економічні умови, що склались на шахтах ЦРД;

– необхідність проведення великого обсягу наукових досліджень в умовах ведення гірничих робіт на великих глибинах, що потребує значних додаткових витрат.

Використання технології гідродинамічної дії на викидонебезпечні вугільні пласти в зонах підвищеного гірського тиску, що формуються у верхній та нижній частинах поверху, забезпечило попередження раптових викидів вугілля й газу та інших газодинамічних явищ. Однак, при веденні робіт з виїмки вугілля в інших частинах поверху і при проведенні підготовчих виробок на незахищених ділянках пластів нижніх поверхів проблема ГДЯ до теперішнього часу не вирішена.

#### Література.

1. СОУ 10.1.001740088-2005. Правила ведення горних работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям: Утв. Минуглепром Украины. – К.: Минуглепром Украины, 2005. – 225 с.
2. Булат, А.Ф. Гидродинамическое воздействие на газонасыщенные угольные пласты / А.Ф. Булат, К.К. Софийский, Д.П. Силин [и др.]. – Днепропетровск, 2003. – 220 с.
3. Гидродинамические способы воздействия на напряженные газонасыщенные угольные пласты: монография / К. К. Софийский, В.И. Гаврилов, Д.М. Житленок, – Донецк: Східний видавничий дім, 2015. – 368 с.
4. Способы интенсификации дегазации угольных пластов и предотвращения выбросов угля и газа / К.К. Софийский, Д.М. Житленок, А.П. Петух, В.И. Гаврилов, В.Г. Золотин, А.С. Крышнев, В.В. Власенко. – Донецк: Східний видавничий дім, 2014. – 46.0 с.

## **ЗАЛЕЖНІСТЬ НАПРУЖЕНЬ В ДЕГАЗАЦІЙНИХ ГАЗОПРОВОДАХ ВІД ПАРАМЕТРІВ ВУГІЛЬНИХ ПЛАСТІВ, ЩО РОЗРОБЛЯЮТЬСЯ**

к.т.н. Агаєв Р.А., к.т.н. Власенко В.В., к.т.н. Дудля К.Є.,  
к.т.н. Ключев Е.С., м.н.с. Притула Д.О.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії  
наук України, м. Дніпро, Україна

На теперішній час велика увага приділяється дослідженням по ефективному і раціональному використанню альтернативних видів палива, особливе місце серед яких займає метан, що безпосередньо видобувається при розробці вугільних родовищ. Це відображає сучасну концепцію економіки циклу, що передбачає безвідходну переробку корисних копалин з виробництвом енергії при комплексній розробці родовищ [1]. За різними оцінками тільки в Донбасі в межах гірничих відводів шахт накопичено 0,43-1,1 трлн. м<sup>3</sup> метану на глибинах до 1800 м і 12,0-25,2 трлн. м<sup>3</sup> – на глибинах до 3000 м [2].

Видобуток метану вугільних родовищ відбувається переважно через вертикальні свердловини, які пробурені з поверхні й з'єднані з газопроводом.

Свердловини буряться на газонасичений вуглепородний масив безпосередньо над виїмковою ділянкою вугільного пласта, після розробки якого утворюються відпрацьовані простори. Це призводить до виникнення геомеханічних процесів, деформації земної поверхні та утворення динамічної мульди зрушення (ДМЗ) під різними нахилами, які залежать від товщини, кутів і глибини залягання вугільних пластів. Процес утворення ДМЗ супроводжується деформаціями розтягнення та стиснення і впливає на стан поверхневих споруд, і в деяких випадках може призвести до їх руйнування. Водночас відбувається руйнування і прилеглих до свердловин порід і свердловинного обладнання [3].

Поява вироблених просторів викликає зрушення земної поверхні та призводить до утворення напружень в поверхневій газотранспортній системі, тим самим, знижуючи безпеку транспортування метану. Тому при комплексній розробці корисних копалин встановлення залежностей напружень в дегазаційних газопроводах від параметрів вугільних пластів, що розробляються, є актуальним на етапі проектування поверхневої газотранспортної системи.

Для встановлення залежностей напружень в поверхневому газопроводі від геологічних параметрів вугільного пласта, що виймається, також вивчено їх взаємозв'язок і встановлено їх вплив на зміни параметрів ДМЗ. У якості вихідних даних використано гірничо-геологічні параметри працюючих шахт Донбасу, а саме глибина розробки вугільного пласта, його товщина, кут його падіння, довжина і ширина виробленого простору. Розрахунок виконувався за стандартною методикою [4]. Було встановлено, що максимальні значення осідання земної поверхні і величина її максимального нахилу у ДМЗ досягаються при мінімальному куті падіння вугільного пласта, що розробляється, і максимального значення його товщини.

Для визначення напружень в міжтрубних з'єднаннях, що є однією з ключових ланок газопроводу, було застосовано комп'ютерне моделювання на базі методу скінченних елементів (МСЕ) [4].

Для розв'язання поставленої задачі застосовано розділення дегазаційного газопроводу на елементарні об'єми. Розрахунки виконано за четвертою теорією міцності. В якості прикладу розглянуто ділянку газопроводу, який розташований на максимальному нахилу у ДМЗ і представлений трубою довжиною 4 м, діаметром 0,15 м, сталь марки Ст2 [5]. Один край труби закріплено, а на протилежний прикладено силу, що виникає при зрушенні земної поверхні вниз. За цими даними побудовано тривимірну модель, в якій враховано максимальний нахил труби, що визначається наступними параметрами: кут пласта  $0^0$ , глибина розробки 500 м і товщина пласта 1,87 м. Результати моделювання наступні: максимальне напруження – 129,48 МПа; межа плинності – 20,45 мм; коефіцієнт запасу міцності – 1,54.

Таким чином, у поверхневому дегазаційному газопроводі виникають напруження, що зумовлені опусканням вищележачих гірських порід у ДМЗ при виїманні вугільних пластів. Встановлено що, в трубопроводі при збільшенні кута падіння вугільного пласта максимальне напруження зменшуються за квадратичною залежністю, а при збільшенні товщини вугільного пласта – зростає по прямій залежності.

Завдяки отриманим залежностям стає можливим визначення ділянок поверхневого газопроводу з максимальними напруженнями, що, в свою чергу, дозволить на етапі проектування зробити вибір необхідного діаметра газопроводу з відповідною міцністю з урахуванням розвитку гірничих робіт.

#### Література.

1. Зварич І. Глобальна циркулярна економіка як засіб побудови нового екологічно стійкого суспільства / І. Зварич // Світ фінансів. – 2016. – № 4. – С. 148 – 155.
2. Волошина Н.И. Особенности методов оценки остаточных ресурсов метана угольных месторождений / Н.И. Волошина // Научные труды УкрНИИМИ НАН Украины: сб. науч. тр.- Донецк, 2013. - №13 (Ч.1). – С. 107-117.
3. Ковалев А.Л. Геомеханическая модель горного массива, содержащего разрабатываемую нефтегазовую залежь или подземное хранилище газа / А.Л. Ковалев, Е.В. Шеберстов.// Вести газовой науки: научно-технический сборник. – Москва, 2013. – №1 (12). – С. 204-215.
4. Отраслевой стандарт Украины. Правила подработки зданий, сооружений и природных объектов при добыче угля подземным способом: Минтопэнерго Украины. – К., 2004. - 129 с.
5. ДБН В.2.5-20-2001. Газоснабжение. Инженерное оборудование зданий и сооружений. Внешние сети и сооружения. Государственные строительные нормы Украины. – К., 2001. - 132 с.

**ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ СЕГРЕГАЦІЇ  
НЕКОНДИЦІЙНО ЗНАЧНИХ ЗА ВЕЛИЧИНОЮ ШМАТКІВ  
У ШАРІ ГІРСЬКОЇ МАСИ ПРИ ВІБРАЦІЙНОМУ ЗБУДЖЕННІ**

Д-р техн. наук, проф. Надутый В.П., к.т.н. Костира С.В., аспірант Курілов В.С.,  
ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України

У процесі транспортування гірської маси на віброконвеєрах, віброживильниках, а також у віброзмішувачах спостерігають сегрегацію крупних та щільних шматків на поверхню шару. Процес їхнього переміщення крізь товщу шару на поверхню залежить від різних факторів, а саме від амплітуди та частоти коливань робочого органу машини, розміру некондиційних шматків та їхньої щільності [1, 2]. Тому актуальною задачею є визначення швидкості сегрегації окремих шматків для вибору раціонального режиму роботи машини або вдосконалення технологічного процесу. Виконано комплекс експериментальних досліджень з визначення швидкості сегрегації у камері замкнутого об'єму при частотах вертикальних коливань  $\omega = 20,25 \text{ Hz}$  і  $30 \text{ Hz}$  при амплітудах  $A = 4,0 \text{ мм}$  і  $5,0 \text{ мм}$ . У всіх випадках товщина шару гірської маси складала  $240 \text{ мм}$ . Замірялась кінцева швидкість окремих шматків з розмірами  $20(25) \text{ мм}$ ,  $35 \text{ мм}$  і  $50 \text{ мм}$  шару гірської маси однієї щільності (граніт  $\gamma = 2800 \text{ кг/м}^3$ ) та різної щільності (залізна руда  $\gamma = 5100 \text{ кг/м}^3$ , кварцит  $\gamma = 2600 \text{ кг/м}^3$ , а також базальт  $\gamma = 2500 \text{ кг/м}^3$ , туф  $\gamma = 1600 \text{ кг/м}^3$ ). Результати кінцевої швидкості сегрегації шматків на поверхню шару представлені у таблиці.

Режим коливань $A$ (мм) $\omega$ (Hz)	Граніт		Залізна руда – кварцит		Базальт – туф	
	Розмір шматка, мм	Швидкість, мм/с	Розмір шматка, мм	Швидкість, мм/с	Розмір шматка, мм	Швидкість, мм/с
$A = 4 \text{ мм}$ $\omega = 20 \text{ Hz}$	20	-	25	-	25	-
	35	-	35	-	35	-
	50	1,79	50	1,6	50	2,33
$A = 5 \text{ мм}$ $\omega = 20 \text{ Hz}$	20	-	25	-	25	-
	35	-	35	-	35	-
	50	2,75	50	2,4	50	3,8
$A = 5 \text{ мм}$ $\omega = 25 \text{ Hz}$	20	-	25	-	25	-
	35	-	35	-	35	-
	50	3,28	50	3,42	50	4,7
$A = 5 \text{ мм}$ $\omega = 30 \text{ Hz}$	20	-	25	6,15	25	-
	35	5,45	35	2,69	35	4,44
	50	2,75	50	0,5	50	3,07

**Висновки.** Суттєву роль у підвищенні швидкості сегрегації в шарі гірської маси при вертикальних вібраційних коливаннях відіграють розмір шматків, частота і амплітуда. Більш впливовими є розмір шматка і частота коливань. Визначена швидкість сегрегації дозволяє раціонально вибирати робочий режим устаткування.

Література.

1. Франчук В.П. Выбор параметров движения рабочих поверхностей грохотов с учетом крупности разделения / Франчук В.П., Надутый В.П., Егурнов А.И. // Наук.-техн. збірка Збагачення корисних копалин. – Вип. 33(74). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 44-52.
2. Потураев В.Н. Вибрационная техника и технологии в энергоемких производствах. Монография / Потураев В.Н., Франчук В.П., Надутый В.П. // Днепропетровск : НГА Украины. – 2002. – 186 с.

## КАНАТНІ АНКЕРИ ГЛИБОКОГО ЗАКЛАДАННЯ ЯК ЕЛЕМЕНТ КОНСТРУКЦІЇ АНКЕРНОГО КРІПЛЕННЯ

Чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук Круковський О.П.,  
ст. наук. співр. Ларіонов Г.І., головний технолог відділу Земляна Ю.В.,  
мол. наук. співробітник Хворостян В.О.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

В Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України розроблено технологію опорно-анкерного кріплення гірничої виробки, яка забезпечує блокування розвитку непружних деформацій і розшарування порід в околі виробки, з урахуванням умов її експлуатації та призначення. Це досягається за рахунок створення анкерно-породної конструкції, яку формують із наступних елементів: силового, розміщеного по центру покрівлі виробки, опірною – в боках виробки, підпірного – між силовим і опірним, основи – у нижній частині боків і підшві виробки [1]. Але, як показав практичний досвід, у разі розташування у покрівлі виробки шару порід або вугільного прошарку малої міцності на відстані, що перевищує довжину сталевих-полімерних анкерів, існує ймовірність відокремлення створеної анкерно-породної конструкції від основної покрівлі. З часом це призводить до ослаблення конструкції, порушення природної монолітності приконтурних порід та сприяє їх руйнуванню. Така сама ситуація виникає при повторному використанні виробки, коли після проходження лави анкерно-породна конструкція відокремлюється від гірського масиву системою тріщин та опускається у виробку.

Ця проблема вирішується із використанням підшиваючих елементів, які формуються шляхом установки канатних анкерів глибокого закладання (рис.1).

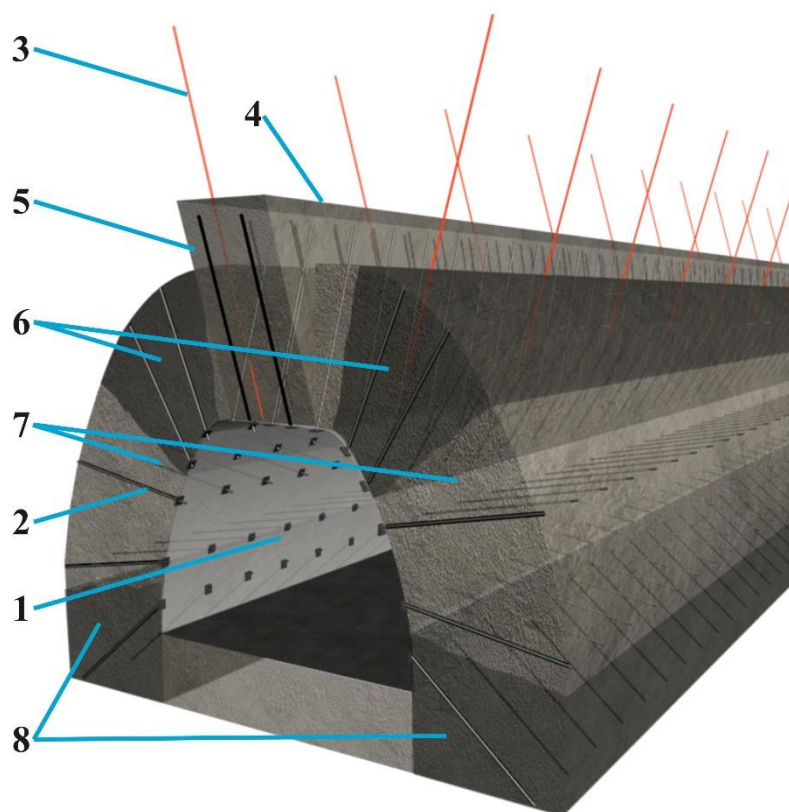


Рис. 1

Рисунок містить наступні позначення: 1 – гірнича виробка; 2 – сталевий анкер з полімерним закріпленням; 3 – канатний анкер глибокого закладання з полімерним закріпленням; 4 – анкерно-породна конструкція; 5 – силовий елемент анкерно-породної конструкції; 6 – підпирний елемент конструкції; 7 – опора конструкції; 8 – основа конструкції. Періодично по довжині виробки в силовому або підпирному елементах установлюють підшиваючі елементи – канатні анкери глибокого закладання з довжиною, не меншою, ніж ширина виробки, і з полімерним закріпленням у шпурі, з нахилом на борти виробки під кутом до  $10^\circ$  таким чином, щоб донна частина канатних анкерів опинилася вище за зону ймовірного руйнування.

Кількість  $N_{ка}$  канатних анкерів в ряду розраховують за значенням параметру вільного зміщення порід  $U$  [2] за співвідношенням:

$$N_{ка} = \begin{cases} 2 \text{ анкери на ряд, при } U > 600 \text{ мм;} \\ 1 \text{ анкер на ряд, при } 600 \text{ мм} < U < 600 \text{ мм;} \\ 1 \text{ анкер через ряд, при } 200 \text{ мм} < U < 300 \text{ мм;} \\ 1 \text{ анкер через 2 ряди, при } U < 200 \text{ мм.} \end{cases}$$

Канатні анкери встановлюють після завершення фази активних деформацій гірського масиву, викликаних проведенням виробки, на відстані 20-50 м, в одному ряду із звичайними анкерами і закріплюють муфтами на спеціально встановлювану прямолінійну ділянку спецпрофілю СВП-22. Відстань між рядами канатних анкерів повинна відповідати щільності основного кріплення.

Застосування підшиваючих елементів анкерно-породної конструкції, створених за допомогою канатних анкерів глибокого закладання довжиною, як правило, 4-6 м, які зафіксовано у шпурах полімерним закріплювачем, збільшує висоту анкерно-породної конструкції навколо гірничої виробки та підвищує монолітність порід її покрівлі, нейтралізує вплив слабкого породного шару, запобігає виникненню тріщин та розшарування і значно сприяє підвищенню стійкості гірничої виробки, у покрівлі якої розташовано слабкий шар, або виробки, яку зберігають на повторне використання. Таким чином, застосування канатних анкерів глибокого закладання дозволяє зв'язати вантажонесуче породно-анкерне перекриття з непорушеними породами в глибині масиву і значно зменшити область непружних деформацій над виробкою [3].

#### Література.

1. Круковський О.П. Наукові основи технології опорно-анкерного кріплення гірничих виробок вугільних шахт: дис. ... докт. техн. наук: 05.15.02; захист 26.06.12; затв. 26.09.2012 / Круковський Олександр Петрович. – Дніпропетровськ, 2012. – 375 с.
2. Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Загальні технічні вимоги. Стандарт Міністерства вугільної промисловості України // СОУ 10.1.05411357.010:2014. – К.: Мінвуглепром України, 2014. – 84 с.
3. Спосіб анкерного кріплення гірничої виробки з використанням підшиваючих елементів. Патент України по заявці u201508477 МПК E21D 20/00; заявник і власник патенту ІГТМ НАН України. – № 105224; 10.03.2016. – Бюл. № 5/2016.

# ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОЛОГОСТІ ВУГІЛЬНОГО ПЛАСТА НА ЙОГО ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНІСТЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЧИСЕЛЬНИХ МЕТОДІВ

Д-р техн. наук Круковська В.В.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

Присутність води в тріщинно-поровому просторі вугілля значно впливає на розвиток газодинамічних процесів, які ініціюються при веденні гірничих робіт [1]. По-перше, вологонасичення призводить до зниження міцності і несучої здатності гірських порід, змінює характер їх поведінки після досягнення граничного стану. Крім цього, наявність води впливає на фазову проникність, кількість вільного газу в тріщинно-поровому просторі і процес фільтрації метану. Інтенсивність процесу сорбції-десорбції газу також залежить від вмісту вологи у вугіллі [2-8]. В різних умовах і при певних значеннях концентрації води механізм впливу вологи на перебіг сорбційно-десорбційних процесів змінюється. Втрата сорбційної здатності вугілля в присутності води може бути пояснена об'ємним зміщенням газу водою [2]. За допомогою методу молекулярного моделювання встановлено, що в результаті розподілу молекул води на поверхні пор відбувається зменшення площі адсорбції метану [7]. Експериментальні та аналітичні дослідження, в яких вода розглядалася в якості активного компонента в бінарній суміші газ-волога, показали, що сорбція газу у вологому вугіллі знижується за рахунок конкуренції молекул води в місцях сорбції [2, 4]. В роботах [5, 6] стверджується, що на великих глибинах, в умовах високих тисків і температур, в зв'язаних до певної межі вугільних пластах відбувається збільшення швидкості і обсягу газовиділення за рахунок перерозподілу сорбованих флюїдів на стінках пор. Десорбція метану з вугільної матриці призводить до її усадки [9, 10] і зміна проникності може бути дуже значною.

Під час викиду вугілля і метану відбувається деформування вугільного пласта, десорбція і фільтрація метану. Наявність води в поровому просторі впливає на кожен з цих процесів. Для дослідження різних аспектів впливу вологи на газодинаміку вугільних пластів розроблено математичну модель зв'язаних процесів пружно-пластичного деформування вугільного пласта, фільтрації води і газу в тріщинно-поровому просторі з урахуванням десорбції метану. Для математичного опису процесу переходу порід в порушений стан використовується критерій Кулона-Мора. Задача вирішується із застосуванням методу скінченних елементів. Умовою утворення порожнини викиду вважається приналежність скінченного елемента області непружних деформацій, які спричинені напруженнями розтягу, і виконання критерію перевищення градієнтом фільтрації метану критичного значення.

Газодинамічні явища відбуваються поблизу тектонічних порушень, де вугільний пласт перем'ятий і на 10-20 м по обидва боки від порушення має початкову проникність. Тому коефіцієнти фільтраційної проникності розраховуються на кожній часовій ітерації як сума коефіцієнтів технологічної проникності, яка залежить від компонент тензора напружень, і початкової, тектонічної проникності [11]. Вважається, що властивості вугілля в порушеній зоні поблизу

тектонічного порушення змінені: зчеплення лінійно зменшується, а тектонічна проникність лінійно зростає від межі порушеної зони до площини тектонічного порушення, міцність на розтяг приблизно дорівнює нулю.

В результаті виконання серії розрахунків показано наступне.

Якщо вологість вугільного пласта  $w$  не перевищує 1%, у вибої виробки поблизу тектонічного порушення швидко збільшується зона непружних деформацій, градієнти тиску метану приймають дуже високі значення, проникність вугілля стрімко зростає, відбувається утворення порожнини у вугільному пласті. Через декілька секунд зростання порожнини зупиняється, а тиск метану у вугільному пласті продовжує повільно знижуватися – геомеханічні процеси і процес фільтрації метану повертаються до квазістаціонарного режиму перебігу.

Урахування впливу вологи тільки на зниження фазової проникності для метану показує, що за тих же умов при  $w > 24\%$  газодинамічний процес в привибійній зоні вугільного пласта не розвивається. Додаткове урахування зменшення площі десорбції метану в результаті розподілу молекул води на поверхні пор знижує цю межу до 20 %, урахування зміни фізико-механічних властивостей вугілля при зволоженні – до 15%. Наступним кроком вдосконалення розробленої математичної моделі становитиме урахування зміни проникності вугілля під час десорбції метану та збільшення обсягу газовиділення за рахунок перерозподілу сорбованих флюїдів на стінках пор, якщо буде встановлено проміжок вмісту вологи у вугіллі, в межах якого відбувається це явище.

#### Література.

1. Метаногенерация в угольных пластах / Булат А.Ф., Скипочка С.И., Паламарчук Т.А., Анциферов В.А. – Днепропетровск: Лира ЛТД, 2010. – 326 с.
2. Day S., Sakurovs R., Weir S. (2008). Supercritical gas sorption on moist coals, *International Journal of Coal Geology*, 74, 203-214.
3. Sayeed A. Mohammad, Khaled A.M. Gasem (2012). Modeling the Competitive Adsorption of CO<sub>2</sub> and Water at High Pressures on Wet Coals, *Energy Fuels*, 26, 557-568.
4. Battistutta E., Eftekhari A.A., Bruining H., Wolf K.-H. (2012). Manometric Sorption Measurements of CO<sub>2</sub> on Moisture-Equilibrated Bituminous Coal, *Energy Fuels*, 26, 746-752.
5. Ковалева И.Б. Влияние влажности и петрографического состава угля на кинетику сорбции метана / Ковалева И.Б., Соловьева Е.А. / Горный информационно-аналитический бюллетень. – М.: ИПКОН РАН, 2002. – С. 73-75.
6. Эмиссия метана из каменных углей в условиях повышенного влагосодержания / Василенко Т.А., Кириллов А.К., Молчанов А.Н. и др. // Физика и техника высоких давлений, 2013. – т. 23. – № 3. – С. 121-125.
7. Jian Xiong, Xiangjun Liu, Lixi Liang, Xiaocheng Wei, Peng Xu (2019). Investigation of the factors influencing methane adsorption on illite, *Energy Science & Engineering*, 7, 3317-3331.
8. Минеев С.П. Повышение эффективности гидравлического рыхления выбросоопасных угольных пластов / Минеев С.П., Потапенко А.А., Мхатвари Т.Я., и др. – Донецк: ТОВ «Східний видавничий дім», 2013. – 216 с.
9. Mazumder S., Wolf K.H. (2008). Differential swelling and permeability change of coal in response to CO<sub>2</sub> injection for ECBM, *International Journal of Coal Geology*, 74, 123-138.
10. Ian Palmer (2009). Permeability Changes in Coal: Analytical Modeling, *International Journal of Coal Geology*, 77, 119-126.
11. Krukovskyi O., Krukovska V., Wen Zhang (2020). Outburst cavity formation in the working face driven along the outburst-prone coal seam, *II International Conference Essays of Mining Science and Practice*, 168, 00052.



## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НЕСТАНДАРТНОГО КРІПЛЕННЯ МОНТАЖНИХ КАМЕР

Член-кор. НАН України, докт. техн. наук Круковський О.П.,  
наук. співр. Буліч Ю.Ю, головний технолог відділу Земляна Ю.В.  
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України  
Богословський Є.В. головний інженер ВСП «ШУ ПАВЛОГРАДСЬКЕ»  
ПрАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ»

В Інституті геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України проведено дослідження по визначенню деформаційно-силових характеристик нестандартного кріплення при проведенні розрізної печі прохідницьким комбайном, з використанням елементів кріплення КШПП-13,6, шляхом з'єднання прямолінійної частини стояків з верхняком. За рахунок такого з'єднання досягається розширення перетину виробки в нижній частині. Така необхідність обумовлена геометричними розмірами та конструкцією механізованого кріплення лави.

На підставі даних випробувань замків і елементів кріплення КШПП-13,6 із застосуванням математичного моделювання визначено деформаційно-силові характеристики рамного кріплення нестандартної конструкції в цілому. Для забезпечення стійких характеристик кріплення рекомендується застосування замків кріплення ЗПК15М.

Типорозмір профіля	Довжина замка кріплення, мм	Робочій опір, кН	Гранична несуча здатність, кН	Конструктивна піддатливість кріплення, мм
СВП-27	400	205-215	360-380	230

Виконано аналіз гірничо-геологічним та гірничотехнічним умов проведення 325 монтажної камери пласта с<sub>3</sub> шахти «Павлоградська» ВСП «ШАХТО-УПРАВЛІННЯ ПАВЛОГРАДСЬКЕ» ПАТ «ДТЕК ПАВЛОГРАДВУГІЛЛЯ» та визначена можливість застосування нестандартного рамного кріплення у складі рамно-анкерного кріплення цієї виробки [1].

Виконано розрахунки параметрів рамно-анкерного кріплення [2, 3]. Визначено схеми розміщення анкерів у перетині виробки та крок установки анкерного і рамного кріплення [4].

### Література.

1. Булат А.Ф., Виноградов В.В. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт. Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины, 2002. 372 с.
2. Круковский А.П., Круковская В.В., Хворостян В.А. Технология опорно-анкерного крепления горных выработок угольных шахт Украины / Уголь Украины. 2013. № 2. С. 13-16.
3. Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Загальні технічні вимоги. Стандарт Міністерства вугільної промисловості України // СОУ 10.1.05411357.010:2014. – К.: Мінвуглепром України, 2014. – 84 с.
4. Krukovsky O., Bulich Y., Zemlianaia Y. Modification of the roof bolt support technology in the conditions of increasing coal mining intensity. E3S Web of Conferences, International Conference Essays of Mining Science and Practice, 2019. №109. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900042>.

## СЕЙСМОАКУСТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ ФЛЮЇДОДИНАМІКИ ВУГЛЕПОРОДНОГО МАСИВУ ПРИ ВЕДЕННІ ГІРНИЧИХ РОБІТ

Кандидати техн. наук Пилипенко Ю.М., Ключев Е.С., інженер Опришко Ю.С.  
ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України

Обґрунтування інтегральних показників стану гранично-напруженого вуглепородного масиву проведено з урахуванням випробувань порід на жорсткому пресі. Дослідження руйнування геоматеріалів проведено в умовах об'ємного стиснення в до і поза межній областях напруг на зразках вугілля, пісковиків, аргілітів і алевролітів. В пробі було не менше 5-8 зразків кожного літотипу при різній вологості і концентрації газонасичення метаном. Обробка результатів випробувань проведена за методиками [1] з отриманням 27 статичних і динамічних параметрів, що характеризують стан гранично-напруженого породного масиву. До інтегральних показників стану газонасиченого масиву слід віднести енергію руйнування, параметри Лоде-Надаї і проникність середовища.

Аналіз результатів лабораторних досліджень дозволив встановити, що за областю пружних деформацій при подальшому збільшенні всебічного стиснення в зразках вугілля і пісковіку виникає зсувна деформація, яка при досягненні певного рівня переходить в однорідну періодичну деформацію. На макрорівні вона проявляється у вигляді пачок ліній ковзання. Залежно від кута орієнтування площини зрізу і швидкості деформування газу і влагонасичених геоматеріалів спостерігається зростання кута нахилу макроплощин при певній енергії руйнування. Аналіз енергетики процесу показав, що інтенсивність руйнування залежить від величини порового простору газу і вологості геоматеріала, яка визначається проникністю середовища і зменшується з ростом всебічного стиснення і вологи. Зазначена закономірність пов'язана з типом пористості. Так, для порід з тріщинами структури порового простору (пористість менше 3%) відзначається залежність проникності по газу від рівня всебічного стиснення. Зі збільшенням всебічного стиснення до 100 МПа коефіцієнт проникності (по абсолютній величині) зменшується на три і більше порядків. Для порід з тріщино-поровим типом структури порового простору (пористість до 8 %) характерна більш слабка залежність проникності від тиску всебічного стиснення (коефіцієнт проникності зменшується за абсолютною величиною на один-два порядки). Для порід з поровим типом структури (пористість більше 10 %) коефіцієнт проникності практично не залежить від тиску всебічного стиснення [2].

Енергія механічного руйнування і енергія сейсмоакустичної емісії САЕ мають досить тісну кореляційну залежність. Аналіз діаграм і енергетичних характеристик сейсмоакустичної емісії (САЕ) дозволив виділити основні етапи формування напруженого стану геоматеріала і послідовність розвитку акустичної емісії при руйнуванні, що призводять до метаногенерації та вивільненню вільного метану із тріщино-порових утворень [3].

При адсорбції води на поверхні гірських порід при постійній швидкості деформування зі зміною виду напруженого стану змінюються умови статистичного відбору структурних елементів, викликаного зменшенням на окремих елементах, внаслідок ефекту адсорбційного зниження міцності. При цьому з ростом

вологості в процес деформування втягується більша кількість елементів з низьким опором зсуву, що призводить до зниження рівня напруги в усіх частинах геоматеріалу [4-6].

За результатами реєстрації сейсмоакустичної емісії була проведена оцінка функціонального зв'язку взаємодії основної та безпосередньої покрівлі і гірничо-технічними характеристиками гірського масиву.

Шахтні дослідження дозволили по сейсмоакустичним даним визначити динаміку зміни енергії руйнування з опуклістю і увігнутістю вісі флексури, що вказує на закономірність газовиділень при підході забою до тектонічних порушень. При опуклості в сторону забою створюються високі концентрації напружень і мінімальна проникність масиву гірських порід, що призводить до концентрації вільного метану з високим тиском. При руйнуванні породної пробки відбувається викид метану з катастрофічними наслідками. При увігнутості вісі вільний метан мігрує через вертикальні тріщини, тим самим знижуючи ймовірність катастрофічних наслідків.

#### Література.

1. Определение очагов трещинообразования и напряженного состояния угленосного массива методом многоканальной сейсмоакустики / А.Ф. Булат, С.Ю. Макеев, Ю.Н. Пилипенко, Г.О. Рыжов [и др.]. // Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных выработках: Материалы XX Международной научной школы. – Симферополь : ТНУ, 2010. – С. 74-76.
2. Пилипенко, Ю.Н. Сейсмоакустический контроль динамики разрушения массива в зонах разрывных дислокаций на моделях из эквивалентных материалов / Ю.М. Пилипенко // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / Ин-т геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины. – Днепропетровск, 2011. – Вып. 94. – С. 188-194.
3. Пилипенко, Ю.Н. Контроль разрушения флюидонасыщенных геоматериалов сейсмоакустическим методом / Ю.М. Пилипенко // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики: Материалы VIII международной конференции по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики, 1-2 ноября 2012 г. – Тула : ТулГУ, 2012. –Т.2. – С. 328-336.
4. Булат А.Ф. Перспективы освоения газоугольных месторождений Западного Донбасса / А.Ф. Булат, Л.И. Пимоненко, К.А. Безручко, Д.Н. Пимоненко, А.В. Приходченко // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск. – 2012. – Вып.98. – С.3 – 10.
5. Пилипенко Ю.Н. Влияние типа деформаций на газообильность выработок / Ю.Н. Пилипенко, Д.Н. Пимоненко // Материалы научно-практической конференции «Проблемы безопасности и эффективности освоения георесурсов в современных условиях» / Горный институт Уро РАН. – Пермь – 2014 – С.399 – 404..
6. Pilipenko Yu. Complex spectral-acoustic monitoring of the state of fluid-saturated coal-rock mass / Yu. Pilipenko, I. Konstantinova, K. Ozet // E3S Web of Conferences, International Conference Essays of Mining Science and Practice, 109, 00114.  
<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202010900114>.

# ФОРМУВАННЯ АЕРОДИНАМІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА У ШАХТНІЙ АТМОСФЕРІ ВИРОБОК ПІД ЧАС ПРОТІКАННЯ ГАЗОДИНАМІЧНОГО ЯВИЩА

Кандидат техн. наук Пилипенко Ю.М.  
ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України

Обґрунтовано математичну модель впливу газодинамічних явищ на мережу гірничих виробок у зонах тектонічних порушень [1]. Модель включає найповнішу інформацію про аеродинаміку і склад рудничної атмосфери для своєчасного і оперативного прийняття технологічних рішень. З оглядом на багатофакторність процесу для обґрунтування моделі складена система рівнянь, що включає опис течії суміші газів з урахуванням тепло і масообміну потоку повітря зі стінками виробок, допущенні про рух викидонебезпечної хвилі в лінійних виробках, що мають горизонтальне і похиле просторове положення. Для чисельного рішення системи рівнянь найбільш доступним і розробленим є метод С.К. Годунова, що включає ряд звичайних диференціальних рівнянь, які вирішуються методом Ейлера. З урахуванням всіх перерахованих фізичних процесів і ефектів система рівнянь аеродинаміки мережі виробок вугільних шахт включає рівняння нерозривності руху і енергії [2].

Обґрунтуванням правомірності математичної моделі є аналіз її властивостей і параметрів, які в повній мірі описують процес руху газів і особливості цих рухів, в тому числі турбулентність.

Інтенсивність основних джерел при цьому змінюється лише в тих випадках, коли в зону руйнування потрапляють досить потужні газоносні ділянки або пласти-супутники. Турбулентність вихідного струменя повітря згладжує джерела газовиділення з очисного забою і з відробленого простору. Тому формування аеродинамічного середовища розглянуто в динаміці проявів. Граничні умови задаються на периметрі прямолінійних виробок і ставляться в залежності від напрямку потоку газу, якщо на кордоні встановлено працюючий вентилятор провітрювання, то задаються швидкість і ентропія повітря, якщо межа тільки примикає до вузла, то граничні умови ставляться відповідно до напрямку і задаються тиск і ентропія.

Таким чином, обґрунтовано математичну модель, яка базується на рівняннях газової динаміки і враховує перемінну концентрацію метану при формуванні аеродинамічного середовища у шахтній атмосфері під час протікання газодинамічного явища умовах реальної топології мережі гірничих виробок, вентиляційного обладнання і споруд.

## Література.

1. Внезапные выделения метана импульсного характера в зонах тектонических нарушений. / С.П. Минеев, А.С. Янжула, В.Н. Кочерга, А.А. Прусова // Геотехническая механика: міжвід. зб. наук. праць. Дніпропетровськ. – 2015. – Вип. 123. – С. 48-66.
2. Математическое моделирование горения и взрыва высокоэнергетических систем / Под ред. И.М. Васенина. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2006. – 322 с.

## ТЕХНОЛОГІЧНІ СХЕМИ ВИЛУЧЕННЯ КОРИСНИХ КОМПОНЕНТІВ ІЗ ЗОЛИ ТЕС

Д.т.н., проф. Четверик М.С., інж.-констр. I кат. Ікол О.О.  
ІГТМ ім. М.С. Полякова НАНУ

На сьогоднішній день накопичено велику кількість золошлакових відходів ТЕС, які закладовані на відвалах. Вони містять чималу кількість незгорілого вугілля, а також домішки алюмінію, заліза, золота, сировину для виробництва будівельних матеріалів. У зв'язку з цим в різних країнах ведуться розробки в області переробки золи ТЕС з вилученням корисних компонентів.

Золовідвали можуть бути в вигляді водойм, висухлі і затверділі.

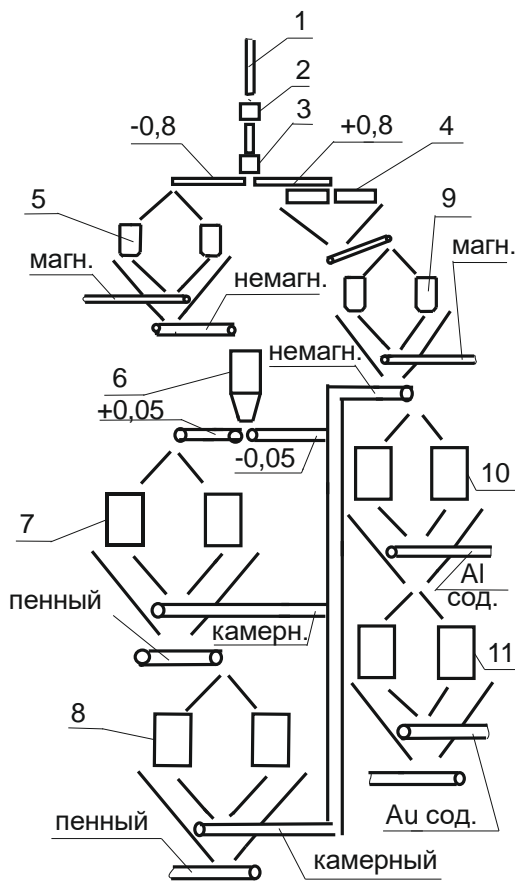
Золовідвали в формі водойм можуть бути відпрацьовані за допомогою екскаваторів-амфібій, земснарядів, насосів-землесосів, ґрунтових насосів. Зокрема можуть бути застосовані амфібії типу Watermaster, що оснащуються змінним обладнанням для здійснення функцій як екскаватора, так і землесоса. При цьому якщо у рідині частка твердої маси до 30%, можуть використовуватися насоси ґрунтові, а якщо співвідношення сухої суміші та води до 47/53 – універсальні заглибні насоси-землесоси.

Висухлі золовідвали відпрацьовуються звичайною екскавацією.

Затверділі відвали можуть мати різну міцність в залежності від складу і часу після затвердіння. При переважанні кремнезему і давньому затвердінні міцність може наближатися до  $f = 14$ , а при переважанні недопала вугілля і давньому затвердінні  $f \leq 6$ . При такій міцності можуть бути застосовані фрезерні машини типу SM, KSM, Wirtgen. Також при цій міцності можуть бути застосовані гідромолоти, гідравлічні вібророзпушувачі - віброріппери. Останні мають більш високу продуктивність при межі міцності при одноосьовому стисканні  $\sigma_{сж}$  до 100 Мпа. Для порід міцністю до  $f = 12$  можуть бути застосовані машини типу Vermeer, але багато хто з них лише розпушують. Для порід більш високої міцності можуть бути застосовані гідромолоти, зокрема Delta.

У запропонованій схемі (рис.) автором виконано реконструкція схеми, яку розробили фахівці «Дніпровської політехніки» [1-2]. Схема передбачає класифікацію, пінну флотацію з метою вилучення недожога вугілля, мокру магнітну сепарацію з метою вилучення залізовмісного компонента. Схема доповнена запропонованою в ряді публікацій [3-5] флотацією з метою вилучення продукту, що містить алюміній, а потім золотовмісного продукту. Можливий при цьому також варіант, коли після вилучення недопалу вугілля та залізовмісного компонента спочатку проводиться флотація з вилученням золотовмісного продукту, а потім навіть здійснення безвідходної хімічної та термохімічної переробки з одержанням глиноземної сировини та білітового шламу за схемами, які є у низці публікацій.

Є публікації [6] про випробуванні процесу випалу та газифікації суміші золи і дрібниці вапняку з отриманням негашеного вапна, сировини для



будівельних матеріалів, чадного газу, вуглекислого газу. Особливістю тут є те, що в газі переходить вуглець не тільки золи, але і вапняку. Чадний газ є більш ефективним в порівнянні з природним, але вибухонебезпечний. При перспективі підвищення одиначної продуктивності і зростання потреб у вапні можливо, передбачивши отримання водню з води або, якщо можна реалізувати, використавши водяні пари, отримувати синтетичний «природний газ». Також при згаданих вище факторах можливо вдування чадного газу в ще діючі доменні печі невеликої потужності і навіть, при ще більшому підвищенні одиначної продуктивності і збільшенні обсягів виробництва вапна - в агрегати безкоксової металургії.

Поруч з цією технологією здається можливість використання технологій одержання глинозему про які йдеться у низці публікацій, бо у названих технологіях одержання глинозему використовуються вапно й

суміш газів, яка включає  $\text{CO}_2$ .

#### Література.

1. Березняк А.А. Исследование обогащения золы-уноса ТЭС на пневматической флотомашине типа "Jameson Call" / А.А. Березняк, А.С. Дрешпак, Н.Р. Глуховея // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2019. – Вип. 74 (115). – С. 62 – 69.
2. Егоров П.А. Технология переработки зол тепловых электростанций / П.А.Егоров, А.А. Березняк // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. Національний гірничий університет, Дніпропетровськ. – 2007. – Вип. 29 (70) – 30 (31). – С. 224 – 227.
3. Прохоров К.В. Разработка методов комплексной переработки золошлаковых материалов / К.В. Прохоров, Т.Н. Александрова // Проблемы недропользования. – 2017. – № 1. – С. 154 – 163.
4. Шабаров А.Н. Комплексное использование отходов переработки тепловых электростанций / А.Н. Шабаров, Н.В. Николаева // Записки Горного института. 2016. Т. 220. С. 607 – 610.
5. К.В. Прохоров. Исследование золошлаковых отходов ТЭЦ юга Дальневосточного региона с целью извлечения ценных компонентов // ГИАБ. – 2010. – №52. – С. 72 – 76.
6. В.Н. Долгополов. Системы Dalsica газифицируют золу угольных ТЭС, продукция – энергоносители, вяжущие для стройиндустрии и сорбенты очистки газов угольной энергетики, металлургии, ЖКХ // Академія будівництва України: журнал «БУДІВНИЦТВО. Наука. Проекти. Економіка», 2012, №1, с. 1 – 19.
7. Ваганов А.М. Комплексное эколого-геохимическое исследование золошлаковых отходов ТЭЦ ЗАТО Северск (Томская область). Бакалаврская работа. Томск, 2016. core. ac. uk>pdf; 53093103. pdf-core.

## **ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ГЛИБОКИХ КАР'ЄРІВ ЯК КОРИСНОЇ КОПАЛИНИ**

Д-р техн. наук, проф. Четверик М.С.,  
к.т.н., ст. наук. співр. Бубнова О.А., інженер I кат. Левченко К.С.  
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

За інформацією ООН до 2025 року дефіцит прісної води збільшиться до 1,3-2,0 трлн. м<sup>3</sup> на рік.

Разом із тим, великі обсяги підземних вод, які вилучаються із гірського масиву при розробці корисних копалин, використовуються нераціонально.

Відомо, що розробка корисних копалин супроводжується обводненням кар'єрів за рахунок водопритоків із четвертинних, неогенових відкладів та порід кристалічного масиву. Всі ці води мають різну мінералізацію, вмішуються у водозбірнику та в результаті цього їх мінералізація усереднюється. Води із кар'єрного водозбірника або використовують як технічні, або після відстоювання скидають у природний водоприймач.

Відкачування підземних із наступним відведенням в гідрографічну мережу є невід'ємним технологічним процесом при видобутку корисних копалин. Тому підземна і відкрита розробка корисних копалин, а також їх збагачення впливають на екологічний стан водного середовища. Головним недоліком цього способу розробки є забруднення річок, водойм, поверхні землі високомінералізованими водами кар'єрів і підземних рудників, шахт. Це забруднення не дозволяє використовувати поверхневі води для водопостачання і зрошення полів в сільському господарстві.

Встановлено, що в підвищенні мінералізації вод в водозбірнику кар'єра основну роль грають високомінералізовані води порід кристалічного масиву.

На глибоких горизонтах шахт і кар'єрів немає поповнення підземних вод високої мінералізації.

Підземні води високої мінералізації в процесі їх вилучення на земну поверхню в надрах розбавляються водами четвертинних відкладень. І тим самим губляться і прісні води, і високомінералізовані з корисними компонентами.

Основне надходження низькомінералізованих вод в водозбірник кар'єра відбувається у весняний період. Це дозволяє знаходити технічні рішення, які дають можливість акумулювати води четвертинних відкладень і поверхневі окремо з подальшим використанням їх для низки господарських потреб.

Для того, щоб використовувати підземні води як корисну копалину (тим самим зменшуючи вплив на довкілля) нами пропонується окремо акумулювати води, що надходять з четвертинних відкладів, розмістивши їх в водозбірнику на верхніх горизонтах кар'єра відповідно до рівня їх надходження. А підземні води, що надходять із зруйнованих порід і кристалічного масиву (води підвищеної мінералізації) розмістити на нижніх горизонтах кар'єра.

Акумульовані води четвертинних відкладів пропонується очищувати відомими способами до стану питних. А води кристалічного масиву пропонується опріснювати.

Одним з головних напрямків щодо забезпечення населення прісною водою є опріснення підземних вод з використанням ядерно - енерго - опріснювального комплексу (ЯЕОК). ЯЕОК передбачають використовувати не тільки для виробництва електроенергії, але і на опріснення води, районне опалення, виробництво високотемпературного тепла.

Тому розроблено спосіб комплексної розробки корисних копалин з отриманням прісної води при використанні енерго-опріснювальних комплексів.

Окрім природних вод, що відкачуються з кар'єрів та шахт, запропонованим ЯЕОК можна опріснювати води в шламонакопичувачах. При цьому спосібі шламмосховище 1 поділяють на відсіки (рис.).

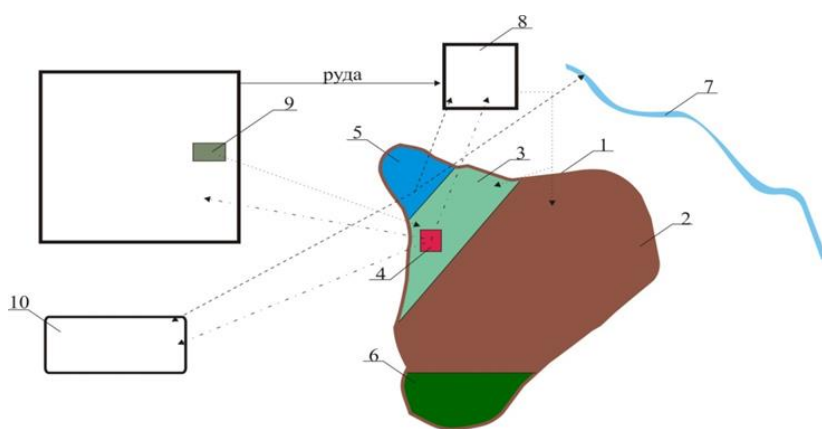


Рис.

1 - шламосховище; 2-відсік для складування відходів; 3 - відсік для мінералізованих вод; 4 - енерго-опріснювальний комплекс; 5 - відсік для прісної води; 6 - відсік для розсолів з подальшим їх розміщенням в відпрацьованих просторах кар'єрів і шахт; 7 - річка; 8 - збагачувальна фабрика; 9 - водозбірник в руднику; 10 – споживачі

У відсік 2 складують відходи збагачення, накопичують мінералізовані води, які відкачують з кар'єрів і підземних рудників, і які надходять в шламосховище після збагачення корисних копалин. У відсік 3 розташовують енерго-опріснювальний комплекс 4. З його використанням опріснюють накопичені води у відсіку 2 і виробляють електроенергію. Мінералізовані води опріснюють до певного мінерального складу в залежності від вимог споживача. Опріснені води розташовують у відсіку 5. У екранованому відсіку 6 розміщують розсіл, який утворюється при опріснення мінералізованих вод. Складування і захоронення розсолу є проблемою, яку необхідно вирішувати в кожному окремому конкретному випадку.

Цей спосіб комплексної розробки родовищ, при якому супутньою корисною копалиною є підземна мінералізована вода, яку слід знесолювати до певних кондицій, може застосовуватися як для окремого гірничого підприємства, так і групи підприємств.

Застосування автономного енергетичного забезпечення і опріснення підземних мінералізованих вод дозволить підвищити економічну ефективність гірничих підприємств за рахунок більш низької вартості електроенергії і за рахунок реалізації опріснених підземних вод.

Застосування на гірничих підприємствах плавучих ядерних енерго-опріснювальних комплексів дозволить поліпшити стан водного середовища. Тим самим зменшуючи вплив на довкілля.



# ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІСТА ДНІПРО ТА СТВОРЕННЯ ТОРГІВЕЛЬНО-РОЗВАЖАЛЬНОГО ТА АГРАРНИХ КОМПЛЕКСІВ В ПРОЦЕСІ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ЗОЛОВІДВАЛІВ ПРИДНІПРОВСЬКОЇ ТЕС

Доктор технічних наук, професор Четверик М.С., інженер Ворон О.А.,  
інженер Левченко К.С.

ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України

Теплова енергетика України функціонує в складних економічних, технічних і технологічних умовах, оскільки це пов'язано з нестабільною ситуацією в країні і світі. Середньорічний коефіцієнт використання встановленої потужності (КВВП) ТЕС України в 2020 р. становив 32%, АЕС — 50 % (середньорічний по Україні — 40 %). Такий низький рівень використання ТЕС України зумовлений тим, що понад 85 % пилувугільних блоків уже перетнули межу фізичного зносу (200 тис. годин). Середній електричний ККД електростанцій України становить 29—31 %, тоді як за кордоном найкращі енергоблоки досягли рівня 45 % [1]. Тому питання модернізації та реконструкції енергоблоків ТЕС є актуальними.

Підвищення забезпечення м. Дніпро електричною енергією вельми актуально, як з екологічної, так і з економічної складової. За програмою розвитку міста передбачається суттєвий перехід на електротранспорт. Також у місті будується нові станції метро, що вимагатиме збільшення електроенергії.

Пропонуємо можливі напрямки додаткового енергетичного забезпечення міста:

1. Створення міні атомних електростанцій біля відпрацьованих кар'єрів (при цьому буде забезпечена потреба електростанції в воді);
2. Створення міні атомних електростанцій на території рекультивованих хвостосховищ відходів збагачення урану (при цьому можливе частково використати ці відходи при будівництві).

Сучасна енергетика м. Дніпра формується підприємством Придніпровська ТЕС, яке входить до складу компанії «ДТЕК Дніпроенерго». Потужність електростанції становить 1765 МВт. Станція генерує електрику і теплову енергію шляхом спалювання вугілля марки АШ, Г. ТЕС є основним забруднювачем повітря і ґрунту в м. Дніпрі (приблизно 80% у загальному обсязі забруднень по місту). На

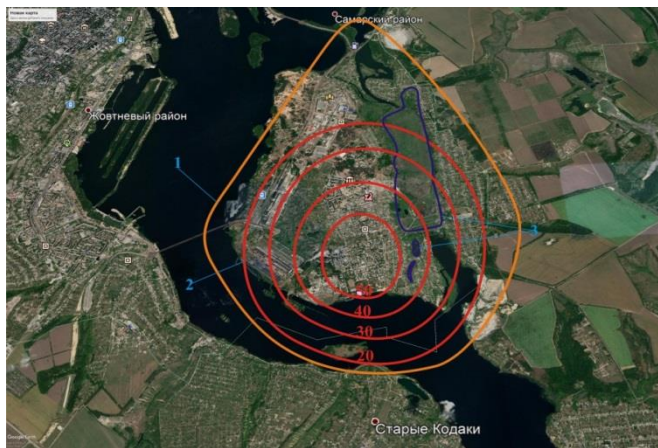


рис. 1 показано поширення радіоактивних речовин в результаті роботи ТЕС «Придніпровська» протягом року.

Придніпровською ТЕС щорічно утворюється 500 тис. т золи, об'єм накопичених відходів у золовідвалах досягає 30 млн т, площа землі відведена під складування золи склала

Рис. 1

200 га. Екологічний платіж за розміщення відходів складає 1,15 млрд. грн./рік [2]. Золошлакові відходи

(ЗШВ) ТЕС відносять до найбільш багатотоннажних промислових відходів,

займають величезні площі, негативно впливають на довкілля (забруднення ґрунтів, водного та повітряного басейнів, накопичуючись у природних екосистемах призводять до порушення життєдіяльності тваринного та рослинного світу, негативно впливають на здоров'я людей). Тому необхідність впровадження раціональних способів утилізації і переробки, як вторинної сировини ЗШВ (наприклад у виробництві будівельних матеріалів і матеріалів для оформлення дорожнього покриття) і наступної рекультивациі порушених територій є актуальним питанням для міста. Пропонується в процесі рекультивациі золовідвалів Придніпровської ТЕС виконати роботи по будівництву торгівельно-оздоровчого або аграрних комплексів та розширенню інфраструктури навколо них. На рис. 2 показано план розміщення об'єктів після рекультивациі золовідвалів та території Придніпровської ТЕС.

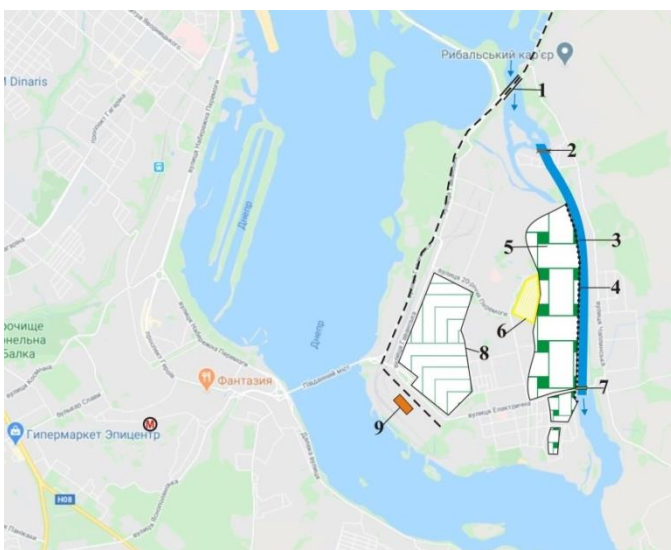


Рис.2

1. Залізничний міст.
2. Міст через річку Шиянка на острів.
3. Річка Шиянка.
4. Набережна.
5. Площа рекультивованої землі після ліквідації золовідвалів.
6. Медичний центр.
7. Міст для пропуску вод р.Шиянка в води р.Дніпро.
8. Ліквідація уражених радіацією садових ділянок і створення торгівельно-розважальних або аграрних комплексів.
9. Залізничний вокзал «Східний».

Придніпровська ТЕС є основним забруднювачем повітря та ґрунту в м. Дніпрі і масштаби радіоактивного впливу її вище, ніж у Запорізької атомної електростанції. Заміна теплової електростанції атомною дозволить поліпшити екологічний стан міста Дніпра та істотно підвищити його енергетичну потужність і незалежність. Рекультивациа золовідвалів Придніпровської ТЕС і прилеглої до неї території у рекреаційному та сільськогосподарському напрямі дозволить відновити порушені землі і поліпшити інфраструктуру міста.

#### Література

1. Халатов, А.А. Енергетика України: сучасний стан і найближчі перспективи/А.А. Халатов// Вісн. НАН України. –2016. - № 6.- С. 53-61.
2. Золи та золошлаки ТЕС і ТЕЦ – відходи чи цінна сировина?[Електронний ресурс]; режим доступу:<http://neiau.org/zoly-ta-zoloshlaky-tes-i-tecz-vidhody-chy-czinna-syrovyna/>Загл. з екрану.

## **ВМІСТ ТОКСИЧНИХ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ЗОЛОШЛАКОВИХ ВІДВАЛАХ ТЕС**

Інженер Ворон О.А., доктор технічних наук Бабій К.В.  
ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України

За офіційними даними Міненерговугілля в Україні працює 14 теплоелектростанцій (ТЕС) сумарною встановленою потужністю 27,6 ГВт, з них вугільних енергоблоків - 21,8 ГВт. Основним видом палива теплової енергетики України залишиться вугілля. Це марки енергетичного вугілля Д, ДГ, Г, П. Їх використання становить близько 70%, тоді як від антрациту практично відмовляються, беручи до уваги складність гірничо-геологічних умов і подорожчання його видобутку.

Встановлено що спалювання такої кількості низькоякісного палива призводить до значних викидів шкідливих речовин в атмосферу і утворення суттєвої кількості твердих відходів (золи та шлаку)[1]. Проблемою утилізації відходів є те, що продукти згоряння (шлаки) і золу виносу (зола) згідно застосовуваної технології складують гідротранспортом. В результаті змочування і при тривалім впливом атмосферних опадів золошлакові відходи (ЗШВ) інтенсивно окислюються, вилугуюються і руйнуються, що призводить до зміни мінералогічного і речового складу техногенних відходів. У цьому виді їх складніше переробляти для вилучення корисних/токсичних компонентів або рекультивації.

Аналіз досліджень проведених в Україні (Г.І. Фесак, А.М. Касимов, В.П. Надутий і ін.) та Росії (Т.І. Білозьорова, Д.А. Озерський, Е.А. Гребешнікова та ін.) показав, що частинки золи механічно осідають і поступово заповнюють котлован до намічених відміток. При злитті пульпи в котловані в першу чергу осідають найбільш великі і важкі частинки, а легка фракція відноситься на більш далекі відстані. Після заповнення золовідвалу вітер підхоплює й несе найбільш легкі частинки, а більш великі і важкі залишаються на місці або пересуваються по золовідвалах до якої-небудь перешкоди. Ці процеси і розподіл часток золи грають важливу роль при поселенні рослин на попелі і при освоєнні її. Однак шлаки та зола досить токсичні, їх токсичність складається з токсичності поліароматичних вуглеводнів (в основному бензопірену), важких металів і невпізнаних органічних токсикантів [1]. За хімічним складом золошлакові відходи являють собою складну суміш різних, переважно мінеральних, речовин. Зміст різних хімічних сполук залежить від складу палива, марки вугілля, технології переробки. Виконано аналіз змісту токсичних мікроелементів важких металів (ВМ) в золошлакових відходах п'яти теплоелектростанцій України та наведено їх гранично допустимі концентрації (ГДК) в ґрунті. Для обґрунтування їх токсичності важкі метали поділені залежно від класу небезпеки по відношенню до здоров'я людини (табл. 1).

Аналіз даних свідчить, що застосовувати поверхню золошлакових відвалів або самі ЗШВ як сировину для рекультивації без попереднього знезараження (наприклад рослинами сидератами) не можна, оскільки вміст токсичних мікроелементів важких металів перевищує значення гранично допустимих концентрацій. Наприклад, в ЗШВ Трипільської ТЕС вміст цинку (І клас небезпеки) перевищує в 2,2 рази. Тоді як у відходах Зміївської ТЕС ще більш критична ситуація з

вмістом токсичних мікроелементів важких металів, які належать до II класу небезпеки.

Таблиця 1 - Вміст токсичних мікроелементів важких металів у складі золошлакових відходів, що утворюються при спалюванні вугілля на наведених ТЕС (ТЕЦ) України за[1-3]

Хімічний елемент	Гранично допустимі концентрації у ґрунті, мг/кг	Вміст токсичних мікроелементів ВМ в золошлакових відходах, $C_{Me\text{ зол. в.}}$ , мг/кг				
		Трипільська ТЕС	Дарницька ТЕС	Черкаська ТЕС	Бурштинська ТЕС	Зміївська ТЕС
I клас небезпеки. Токсична дія: Токсичні важкі метали з високою летючістю, діють на органи дихання, нервову систему, внутрішні органи (печінка, нирки)						
Свинець (Pb)	32,0	6,7	2,1	0,28	23,1	Н.в.
Цинк (Zn)	100	229,0	70,4	18,0	36,6	Н.в.
Кадмій (Cd)	2,0	0,2	0,2	Н.в.	0,9	1,5
II клас небезпеки. Токсична дія: Впливають на органи дихання, серцево-судинну систему і внутрішні органи (печінка, нирки); має властивості канцерогену та алергену						
Мідь (Cu)	55	28,6	22,7	45,44	19,8	90,0
Хром (Cr)	6,0	40,9	30,7	0,54	Н.в.	13,0
Нікель (Ni)	85,0	5,1	54,4	2,32	27,2	150
Ванадій (V)	150,0	133,0	26,6	5,47	13,2	301
III клас небезпеки. Токсична дія: Впливають на органи дихання.						
Марганець (Mn)	100	Н.в.	106,1	Н.в.	27,3	65

Примітка: \* Н.в. – не визначено або не визначався.

#### Література

1. А.М. Коваленко. Утилизация отходов тепловых электростанций Украины, использующих пылеугольное и жидкое топливо / Коваленко А.М., Касимов А.М., Ковалёв А.А. // Харьков Вестник ХНАДУ, 2011. Вып. 52. С. 72-77.
2. Особливості впливу золівдвалів підприємств теплоенергетики на навколишнє середовище // А.В. Яцишин и др. / ISSN 2524-0226. Проблеми надзвичайних ситуацій, 2018. № 2(28), CivilSecurity. DOI: 10.5281/zenodo.2594489, С. 57-68. Електронний ресурс [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP\\_meta&C21COM=S&S21P03=FILE=&S21STR=Pns\\_2018\\_28\(2\)\\_7](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&S21P03=FILE=&S21STR=Pns_2018_28(2)_7)
3. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511— 09. Издание официальное Москва, 2009. Электронный ресурс <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293828/4293828439.pdf>

# **ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ІМПУЛЬСНОГО НАСИЧЕННЯ СПЕЦІАЛЬНИМИ РЕЧОВИНАМИ КАПІЛЯРНО-ПОРИСТИХ БУДІВЕЛЬНИХ ТА ІНШИХ ВИДІВ МАТЕРІАЛІВ І ВИРОБІВ**

Професор Коц І.В., аспірант Горюн О.О.  
Вінницький національний технічний університет

Стрімкий розвиток технологій та устаткування для виробництва будівельних матеріалів або виробів, зокрема бетонополімерів, що виготовляють шляхом імпрегнування капілярно-пористих структур бетону, зумовлює необхідність проведення теоретичних та експериментальних досліджень для пояснення процесів, що відбуваються в ході насичення бетону. Передусім важливою є побудова математичної моделі заповнення пор і капілярів бетонних зразків за використання імпульсного режиму імпрегнування будівельних матеріалів. Визначальні параметри, що характеризують процес насичення представлені швидкістю (тривалістю) насичення, глибиною заповнення порожнин або зміною об'єму просочувального розчину в порах бетонних зразків в залежності від їх геометричної будови, режиму імпрегнації, а також властивостей рідини. Отримання знань про закономірності руху рідини в бетоні дадуть можливість спрогнозувати результати імпрегнування в залежності від обраних технологічних параметрів насичення. Варто відзначити велику кількість факторів, які визначають рух рідини в капілярно-пористому середовищі твердих тіл, а також складнощі, що виникають під час проведення експериментальних досліджень таких процесів.

За результатами проведеного математичного моделювання і виконаних розрахунків нами розроблено устаткування для циклічного гідротермічного імпульсного насичення будівельних матеріалів та виробів (патент України № 145860), яка містить просочувальну камеру, трубчасті електричні нагрівачі, маневрову камеру, вакуум-насос, генератор гідравлічних імпульсів, систему трубопроводів. Причому, просочувальна камера із розташованими в ній будівельними матеріалами або виробами на початковій стадії герметизується і підключається до вакуумного насоса. Потім після виконання вакуумування, просочувальна камера заповнюється просочувальним розчином і здійснюється нагрівання розчину до заданої за технологічним регламентом температури. Одночасно внутрішня порожнина просочувальної камери підключається до генератора регульованих гідравлічних імпульсів. Величина створюваних в рідині просочувальної камери гідравлічних імпульсів може змінюватися як за перепадами тиску, так і за частотою їх повторюваності. Внаслідок імпульсної взаємодії з капілярно-пористою структурою будівельних матеріалів або виробів, які попередньо підлягали вакуумуванню, відбувається імпрегнування, тобто заповнення їх товщі просочувальною рідиною, яка з часом полімеризується і надасть покращенні властивості цим матеріалам та виробам. Після необхідної за часом витримки просочувальна рідина зливається до маневрової. Оброблені матеріали або вироби видаляють і сушать.

## ГЛИБИННИЙ ВІБРОУЩІЛЬНЮВАЧ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ З ГІДРОІМПУЛЬСНИМ ПРИВОДОМ

Професор Коц І.В., аспірант Куриленко Ю.П.  
Вінницький національний технічний університет

За останні роки в Україні різко зріс рівень інвестицій у будівельне виробництво, у результаті чого збільшилися об'єми, як нового будівництва, так і реконструкції існуючих будівель і споруд. При цьому, зважаючи на те, що 90 % території України представлено складними інженерно-геологічними умовами, а основна частина сприятливих для будівництва територій вже освоєна, будівництво нових споруд доводиться здійснювати на територіях зі складними інженерно-геологічними умовами. Крім того, при реконструкції будівель, що супроводжується збільшенням навантажень на фундаменти, у стиснутих умовах щільної міської забудови значну роль у виборі методу посилення основи відіграє його технологічність.

У зв'язку із цим, актуальним напрямком є розробка методів ущільнення бетонних сумішей та ґрунтів, що включають динамічний вплив.

Запропоноване авторами устаткування відноситься до будівельних машин, а саме, до пристроїв для якісного глибинного ущільнення бетонних сумішей в армованих конструкційних спорудах.

В основу нової розробки була поставлена задача удосконалення гідравлічного вібратора для глибинного ущільнення бетонної суміші, в якому за рахунок зміни конструкції виконавчих гідроциліндрів і гідроімпульсного клапану, забезпечується спрощення конструкції.

Поставлена задача досягається завдяки тому, що в гідравлічному вібраторі (Патент України № 17231) для глибинного ущільнення бетонної суміші, що містить двовипуклий порожнистий корпус з розміщеним всередині нього збуджувачем направлених коливань, виконаний у вигляді порожньої інерційної маси підпружиненої відносно корпусу, обладнаного вмонтованими виконавчими гідроциліндрами, встановленими з можливістю взаємодії з двовипуклим порожнистим корпусом і з'єднаними робочими порожнинами з джерелом тиску і гідроімпульсним клапаном, вмонтовані виконавчі гідроциліндри виконані у вигляді мембранного гідроциліндра, який містить штовхач, вільно з'єднаний з упором і мембрану, встановлену з утворенням робочої камери, що сполучена з джерелом тиску і гідроімпульсним клапаном, який складається з корпусу де розміщений підпружинений двоступеневий плунжер, що встановлений з можливістю додаткового перекриття зв'язку підплунжерної порожнини кільцевої розточки з'єднаної зі зливом. Технічний результат, а саме – спрощення конструкції, досягається за рахунок виготовлення виконавчих гідроциліндрів у вигляді мембранного гідроприводу. Згідно даного конструктивного рішення був виготовлений лабораторний зразок у вигляді навісного змінного устаткування на гідравлічний екскаватор, попередні випробування якого показали його високу ефективність при ущільненні бетонних сумішей.

# ТЕХНОЛОГІЇ ТА УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО НАГНІТАННЯ СКРІПНИХ РОЗЧИНІВ У ҐРУНТОВИЙ МАСИВ ПРИ ІН'ЄКЦІЙНОМУ ПІДСИЛЕННІ НЕСУЧИХ ОСНОВ І ФУНДАМЕНТІВ

Професор Коц І.В., аспірант Трубаєнко А.А.  
Вінницький національний технічний університет

Досить часто виникає необхідність відновлення та підсилення ґрунтових масивів і несучих основ будівель та споруд, наприклад: при неправильному проєктуванні основи; при просіданні підстилаючих шарів ґрунту; при перезволоженні просадочного ґрунту; внаслідок збільшення навантаження на фундамент при реконструкції будівлі; при довготривалій експлуатації споруд тощо. Інколи повна заміна фундаменту є досить високовартісною, в більшості випадків і неможливою без повного знесення споруди, а несвоєчасний ремонт та укріплення несучих основ призводить до руйнації будівлі й об'єктів різного функціонального призначення. Таким чином, підсилення і відновлення несучих основ споруд та фундаментів будівель є актуальним і потребує подальшого детального вивчення та аналізу, пошуку і вибору оптимального варіанту методу закріплення порушеної основи.

Метою даної роботи є проведення детального аналітичного дослідження основних методів та відповідного технологічного оснащення для відновлення та підсилення несучих основ споруд і дослідженню основних теоретичних та експериментальних результатів в даній області для пошуку оптимального варіанту закріплення порушеної структури ґрунтового масиву. На основі здійсненого аналізу передбачається розробити новий ефективний метод та технологічного обладнання для відновлення та підсилення несучих основ споруд, який надасть можливість ліквідації основних недоліків існуючих відомих технологій.

На основі проведеного аналізу можна стверджувати, що метод цементації є достатньо універсальним, економічним та безпечним, а тому нами для подальшого дослідження був запропонований новий ефективний метод імпульсного ін'єктування ґрунтів, який передбачає накладання на стаціонарний потік розчину додатково створених періодичних імпульсів тиску за допомогою спеціального розробленого у ВНТУ технологічного устаткування (патенти України № 54122, 63266, 79358, 81614, 83367, 92360, 117 371 та інші). Це надає можливість зменшити сили тертя між ґрунтовим середовищем та технологічним розчином в результаті зменшення в'язкості розчину при дії на потік імпульсної складової і, як наслідок, збільшити глибину проникнення розчину та збільшити радіус розповсюдження його в товщі ґрунтового масиву. В результаті якісного заповнення пор і каналів в ґрунтовому масиві та суттєвого збільшення об'єму несучої основи досягаються її необхідні параметри при відновленні та підсиленні пошкоджених фундаментів будівель і споруд.

# ДОСЛІДЖЕННЯ НАВІСНОГО ГІДРОПРИВОДНОГО УДАРНО-ВІБРАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МОНОЛІТНИХ БЕТОННИХ ОСНОВ МЕТОДОМ ПОСЛІДОВНОГО НАРОЩУВАННЯ

Професор Коц І.В., аспірант Сторожук С.Б.  
Вінницький національний технічний університет

Вирішення проблеми зниження трудомісткості ущільнення жорстких бетонних сумішей можливе при використанні віброімпульсних технологій формування конструкцій. Застосування віброімпульсної технології дозволяє значно знизити величину питомої змушуючої сили вібратора, тривалість і трудомісткість процесу ущільнення. Вона основана на ефекті сумісного впливу на бетонну суміш, гармонічних вібраційних коливань і ударних імпульсів, які забезпечують досягнення необхідної міцності і щільності бетону при значенні змушуючої сили віброзбуджувача в 4-5 разів меншої, ніж за традиційної технології ущільнення.

Віброімпульсна технологія дозволяє при використанні жорстких бетонних сумішей (жорсткістю 5-15 секунд) бетонувати конструкції з негайним зняттям опалубки в умовах виконання робіт на будівельному майданчику, що знижує трудомісткість до 30%, а витрати на заробітну плату на 20-25%. По вказаній технології можна формувати одиночні фундаменти (згідно ДСТУ Б В.2.6-131.2010) та палеві ростверки об'ємом до 1,5 м<sup>3</sup>, стрічкові фундаменти, стіни підвалів та інші подібні конструкції.

Нами запропонована і захищена патентом України № 73079 конструкція навісного гідроприводного ущільнювача ударно-вібраційної дії для формування жорстких бетонних сумішей, яка містить опорну плиту з пустотоутворювачем, з розташованими всередині стержневим віброводом. Опорна плита закріплена за допомогою напрямних з фіксаторами. Пристрій також містить рухому інерційну масу з стержневим віброводом у нижній частині, яка підпружинена силовою пружиною і з'єднана через внутрішню порожнину з верхньою частиною рухомої інерційної маси, відносно верхньої траверси, яка за допомогою напрямних прикріплена до нижньої частини опорної плити з пустотоутворювачем. На опорній плиті встановлені силові плунжерні гідроциліндри, плунжери яких встановлені з можливістю контакту з опорною поверхнею рухомої інерційної маси. Внутрішні робочі порожнини силових плунжерних гідроциліндрів гідравлічно зв'язані із привідною гідросистемою, до якої підключено імпульсний клапан керування, що налаштований на періодичне відкриття-закриття зв'язку напірної гідролінії гідросистеми, і з'єднання її зі зливом. Принцип роботи устаткування полягає в ударно-вібраційному спонуканні заглиблення пустотоутворювачів у жорстку бетонну суміш. В результаті цього масив бетонної суміші одночасно ущільнюється і в ньому утворюються пустоти, які потім почергово заповнюються при подальшому нарощуванні переставної опалубки.



# РОЗРАХУНОК ЦЕНТРА ШВИДКОСТЕЙ ДІЛЯНОК СТЕРЖНЯ ЯК РЕАКТИВНОЇ МАСИ ДИСКРЕТНО-КОНТИНУАЛЬНОЇ З ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПРИВОДОМ

Професор Ланець О.С., аспірант Майструк П.В.  
Національний університет «Львівська політехніка»

Пропонується методика розрахунку центра швидкостей реактивної маси (у вигляді стержня) тримасової міжрезонансної вібромашини з електромагнітним приводом. Стержень, закріплений за допомогою шарнірів у 2 точки, збуджується від електромагнітів деякою силою  $F$ . В таких міжрезонансних вібромашинах він відіграє роль континуальної ділянки [1]. Тримасова вібромашина буде сприймати стержень дискретно, відносно зведеної точки, котра умовно зосереджує інерційні значення усього стержня. На рис. 1 показана розрахункова схема закріплення стержня.

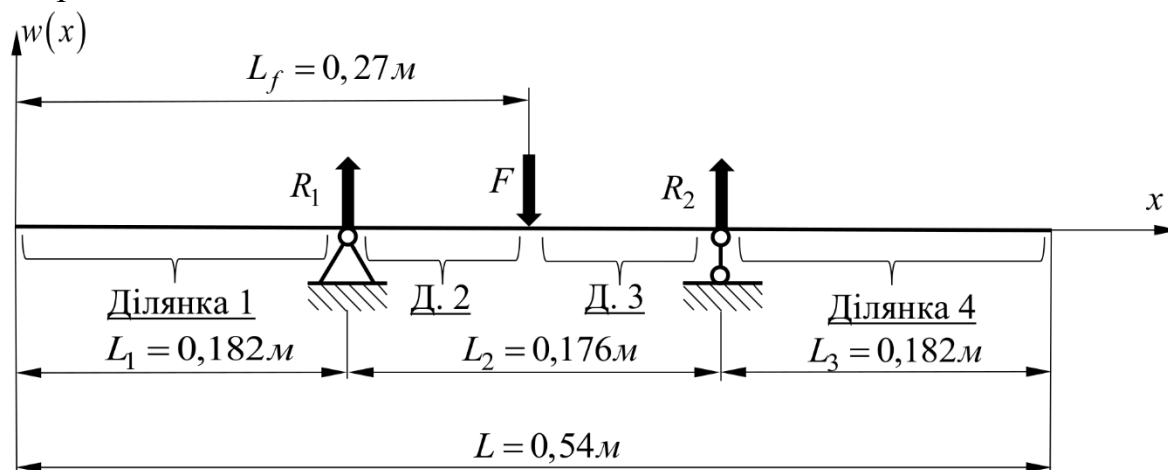


Рис. 1

На першій ділянці вводимо змінну  $x_1$ , так що  $0 < x_1 < L_1$ . Підставивши встановлене значення  $L_1 = 0,182$ , визначимо діапазон змінної на ділянці  $0 < x_1 < 0,182$ . Точку зведення стержня  $X_{cons1}$  на першій ділянці знайдемо, скориставшись залежністю

$$X_{cons1} = \frac{\int_0^{L_1} x_1 \cdot \chi_1(x_1) dx_1}{\int_0^{L_1} \chi_1(x_1) dx_1} = 0,057 \text{ м}, \quad (1)$$

де  $x_1$  – змінна, діапазон значень якої  $(0; L_1)$ ,  $\chi_1(x_1)$  – функція, яка описує прогин стержня на першій ділянці, що отримується із залежності

$$\chi_1(x_1) = A \cdot S_S(x_1) + B \cdot T_T(x_1). \quad (2)$$

$S_S(x_1) = \frac{1}{2}(ch(\xi \cdot x_1) + \cos(\xi \cdot x_1))$ ,  $T_T(x_1) = \frac{1}{2}(sh(\xi \cdot x_1) + \sin(\xi \cdot x_1))$  – функції Кривола [2], з попередньо визначеним коефіцієнтом  $\xi = 4,2146$ .

Аналогічно, залежність для знаходження точки зведення стержня на другій ділянці дорівнює

$$X_{cons2} = \frac{\int_{L_1}^{L_f} x_2 \cdot \chi_2(x_2) dx_2}{\int_{L_1}^{L_f} \chi_2(x_2) dx_2} = 0,236m, \quad (3)$$

де  $x_2$  – змінна, діапазон значень якої  $(L_1; L_f)$ ,  $\chi_2(x_2)$  – функція, що описує прогин стержня на другій ділянці

$$\chi_2(x_2) = A \cdot S_S(x_2) + B \cdot T_T(x_2) + \frac{R_1}{\xi^3 \cdot E \cdot J_z} \cdot V_{V1}(x_2). \quad (4)$$

$$S_S(x_2) = \frac{1}{2}(ch(\xi \cdot x_2) + \cos(\xi \cdot x_2)), \quad T_T(x_2) = \frac{1}{2}(sh(\xi \cdot x_2) + \sin(\xi \cdot x_2)),$$

$V_{V1}(x_2) = \frac{1}{2}(sh(\xi(x_2 - L_1)) - \sin(\xi(x_2 - L_1)))$  – функції Крилова.

Встановивши координати центрів швидкостей першої та другої ділянок стержня, знайдемо точку зведення  $X_{cons12}$ , що є центром швидкостей на лівій половині стержня. Значення координати даної точки встановимо із залежності

$$X_{cons12} = \frac{X_{cons1} \cdot \int_0^{L_1} x_1 \cdot \chi_1(x_1) dx_1 + X_{cons2} \cdot \int_{L_1}^{L_f} x_2 \cdot \chi_2(x_2) dx_2}{\int_0^{L_1} x_1 \cdot \chi_1(x_1) dx_1 + \int_{L_1}^{L_f} x_2 \cdot \chi_2(x_2) dx_2} = 0,034m. \quad (5)$$

З виразу 5 видно, що центр мас лівої половини стержня зміщений до вільного краю. Оскільки стержень закріплений симетрично відносно точки прикладання збурювальної сили  $F$ , значення координати центру швидкостей правої половини стержня становитиме

$$X_{cons34} = L - X_{cons12} = 0,506m. \quad (6)$$

Значення координат центрів швидкостей лівої та правої половин стержня, отримані з виразів 5 та 6, дозволяють припустити, що амплітуда коливань вільних кінців стержня (ділянок 1 та 4) буде значно більша за амплітуду коливань середини (ділянок 2 та 3). Отже, дана схема закріплення стержня у міжрезонансній вібротомашині дозволить уникнути проблем із биттям стержня об якір електромагніту.

#### Література.

1. Ланець О.С. Виявлення шляхів подальшого вдосконалення високоефективних міжрезонансних коливальних систем / Ланець О.С., Качур О.Ю. – Міжвідомчий науково-технічний збірник «Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні». Вип. 51, 2017. – с. 62-65.
2. Бабаков И.М. Теория колебаний / Бабаков И.М. – М.: Наука. 1968. – 560 с.

# ВПЛИВ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ ПРУЖНОЇ ПЛАСТИНИ З СКЛАДНИМИ ГРАНИЧНИМИ УМОВАМИ КРІПЛЕННЯ НА ЇЇ ПЕРШУ ВЛАСНУ ЧАСТОТУ КОЛИВАНЬ

Аспірант Майструк П.В.

Національний університет «Львівська політехніка»

За допомогою чисельного моделювання в програмному продукті SolidWorks проведено аналіз впливу геометричних розмірів пружної пластини, що кріпиться шарнірами до проміжної маси тримасової міжрезонансної вібраційної машини [1], на її першу власну частоту коливань. Для цього була запропонована розрахункова схема пластини з відповідними геометричними розмірами та типом кріплення, яка показана на рис. 1.

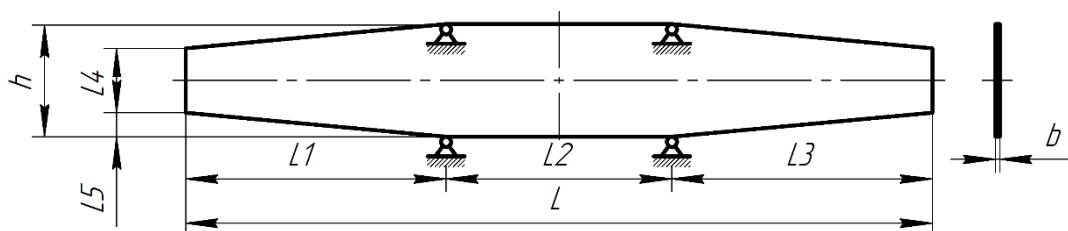


Рис. 1

Згідно запропонованої розрахункової схеми закладаємо значення незмінних параметрів пластини:  $L_2 = 176$  мм;  $b = 3,4$  мм;  $h = 87,5$  мм;  $L_4 = 50$  мм;  $L_5 = 18,75$  мм. Параметри  $L_1$  та  $L_3$ , які є рівні між собою, змінюватимемо в діапазоні від 202 мм до 206 мм з кроком 0,2 мм. За допомогою функції «Дослідження проектування» програмного продукту SolidWorks проведемо розрахунок впливу геометричних розмірів  $L_1$  та  $L_3$  на першу власну частоту коливань пластини. Результати розрахунку зображені на рис. 2.

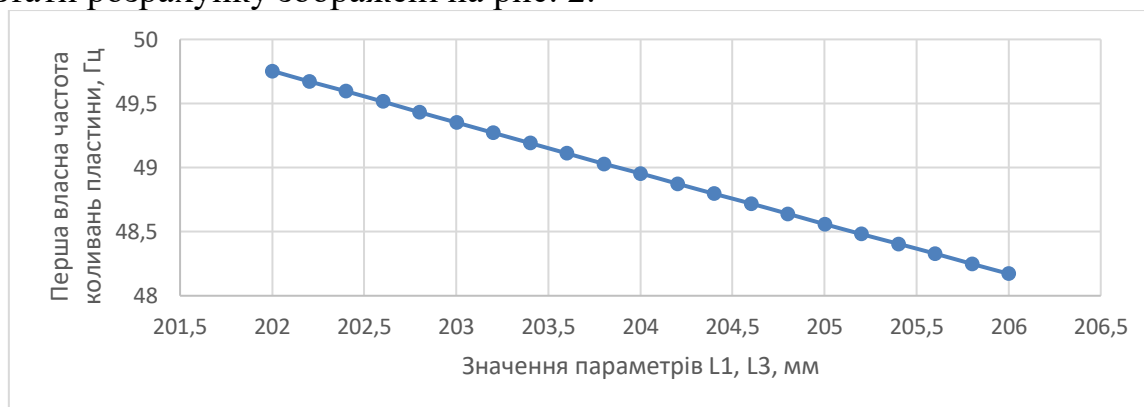


Рис. 2

Як видно з рис. 2, при збільшенні значень параметрів  $L_1$  та  $L_3$  пластини зменшується значення її першої власної частоти коливань. Отже, використання даної методики дозволяє точно підібрати оптимальні параметри пластини при необхідній першій власній частоті коливань.

## Література.

1. Олексій Ланець, Основи розрахунку та конструювання вібраційних машин. Книга 1. Теорія та практика створення вібраційних машин з гармонійним рухом робочого органа: навч. посібник / О. Ланець. – Львів: Видавництво Львівської політехніки. 2018. – 612 с.

# МОДЕЛЮВАННЯ ДВОСТОРОННЬОГО ПРИТИРАННЯ ТОРЦЕВИХ ПОВЕРХОНЬ ЦИЛІНДРИЧНИХ ДЕТАЛЕЙ НА ВІБРАЦІЙНИХ ВИКІНЧУВАЛЬНИХ МАШИНАХ

Доцент Корендій В.М.

Національний університет «Львівська політехніка»

Здобувач Захаров В.М.

ПрАТ «Іскра», м. Львів

Притирання – одна з основних технологічних операцій фінішної обробки деталей, в процесі якої здійснюється зняття тонких шарів металу з оброблюваних поверхонь. На відміну від шабрування, в процесі притирання використовуються не лише спеціальні інструменти, але й дрібнодисперсні порошки чи пасти, що наносяться на робочі поверхні притирів.

Притирання може виконуватися різними методами: вручну, напівавтоматично, автоматично. Ручний спосіб використовується для деталей складної форми, що виготовляються в одиничних екземплярах. Для притирання деталей, що випускаються дрібними серіями, використовують напівавтоматичні пристрої, в яких подача деталей в зону обробки здійснюється вручну, а саме притирання виконується за допомогою спеціальних притиральних машин. У даній роботі зупинимося саме на напівавтоматичному методі викінчувальної обробки плоских поверхонь деталей з використанням вібраційних машин.

Різноманітні варіанти компоновки вібраційних викінчувальних машин для притирання плоских поверхонь деталей, особливості їх функціонування та окремі результати досліджень їх коливних систем розглянуті в роботах [1], [2]. Одна із запропонованих авторами конструкцій вібропритиральних машин подана на рис. 1. Основними складовими елементами верстата є верхній 1 і нижній 2 притири, привід 3 (в даному випадку – електромагнітний) та система пружних елементів 4–6, які з'єднують рухомі частини верстата між собою та слугують для монтування верстата на нерухомій основі (рамі).

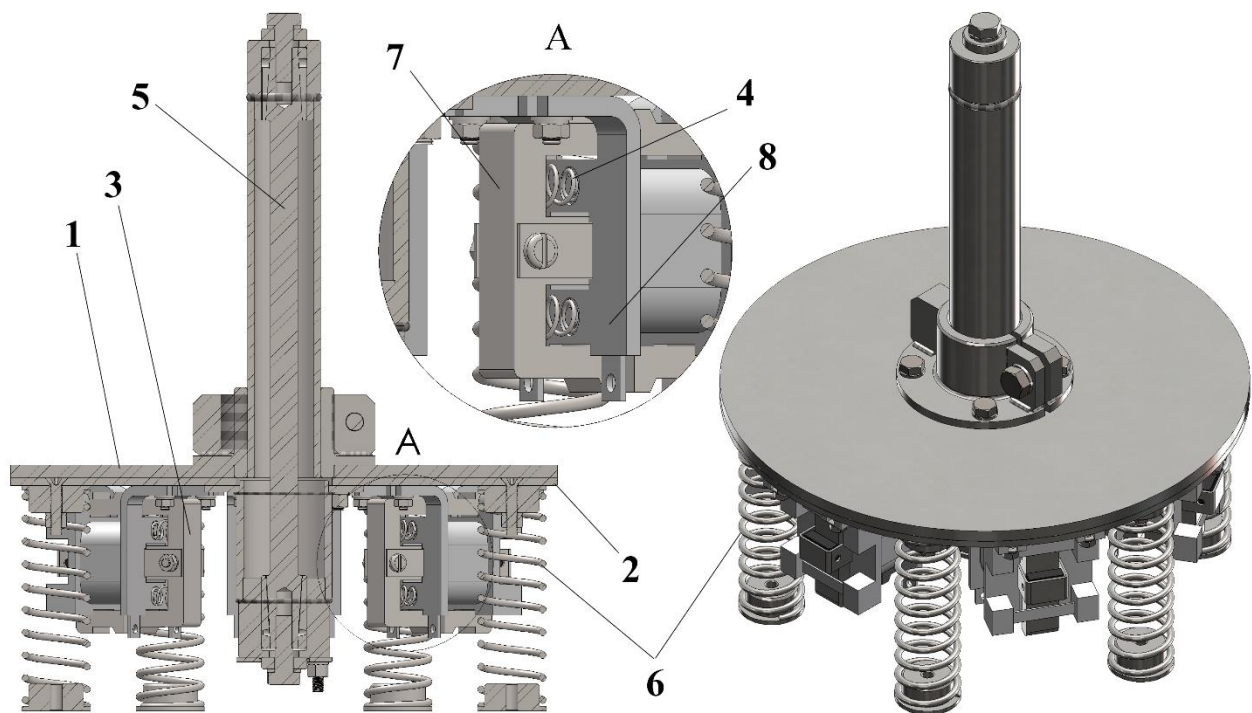


Рис. 1

Пружини 4 встановлюються між реактивною (збурювальною) масою 7 (якорем електромагніту) і корпусом 8 електромагніту, що кріпиться до нижнього притира. Стержневий пружний елемент 5 з'єднує верхній 1 та нижній 2 притири. Для встановлення (монтажу) верстата на нерухомому фундаменті (рамі, основі тощо) використовуються виті циліндричні пружини 6.

Коливання робочих органів верстата (притирів) збудуються електромагнітами 3 через пружні системи 4 і 5. Зважаючи на те, що кожна з трьох пар електромагнітів розташовується зі зміщенням  $60^\circ$  по колу і кріпиться до нижнього притира, за рахунок раціонального налагодження системи керування електромагнітним збудженням та оптимального підбору інерційно-жорсткісних параметрів механічної коливної системи можна забезпечити протифазні коливання притирів за коловими траєкторіями та виконувати притирання плоских поверхонь деталей, зафіксованих між притирами.

Математичні моделі, що описують колові коливання притирів в процесі викінчуваної обробки деталей на вібраційних притиральних машинах, а також конструктивно-силові параметри самих машин представлені в роботах [2], [3]. Результати моделювання руху притирів в процесі двостороннього притирання плоских деталей наведені на рис. 2. Як бачимо із представлених результатів, притири рухаються за коловими траєкторіями у протифазі. Процес запуску вібропритиральної машини відбувається рівномірно і приблизно через 1,5 с вона виходить на стійкий режим роботи, тобто досягаються максимальні амплітуди коливань притирів  $X_1 \approx X_2 \approx Y_1 \approx Y_2 \approx 1,2 \text{ mm}$ .

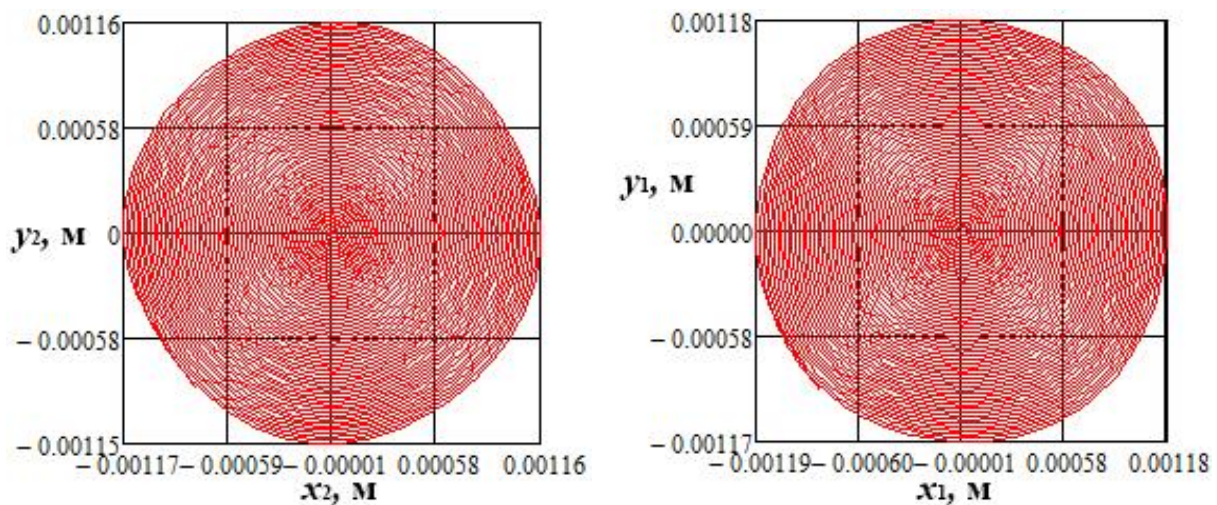


Рис. 2

#### Література.

1. Korendiy V., Zakharov V. Substantiation of parameters and analysis of operational characteristics of oscillating systems of vibratory finishing machines // Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science. – 2017. – Vol. 3, No. 2. – pp. 67–78.
2. Kuzio I., Zakharov V., Korendiy V. Modelling the process of dressing the laps of vibratory finishing machine // Avtomatizaciâ vïrobničih procesiv u mašïnobuduvanni ta priladobuduvanni. – 2018. – Vol. 52. – pp. 32–42.
3. Zakharov V., Kuzio I., Korendiy V., Dmyterko P. Analysis and improvement of design diagrams and mathematical models of vibratory lapping machines // Ukrainian Journal of Mechanical Engineering and Materials Science. – 2019. – Vol. 5, No. 3–4. – pp. 44–56.

# ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВСТАНОВЛЕННЯ ЧАСТОТИ ВИМУШЕНИХ КОЛИВАНЬ ДИСКРЕТНО-КОНТИНУАЛЬНОЇ МІЖРЕЗОНАНСНОЇ КОЛИВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Аспірант Качур О. Ю.

Національний університет «Львівська політехніка»

Під час проведення експериментального дослідження цікавить достовірність обґрунтованих інерційно-жорсткісних параметрів [1] від яких повністю залежать властивості, характеристики системи та адекватність математичної моделі.

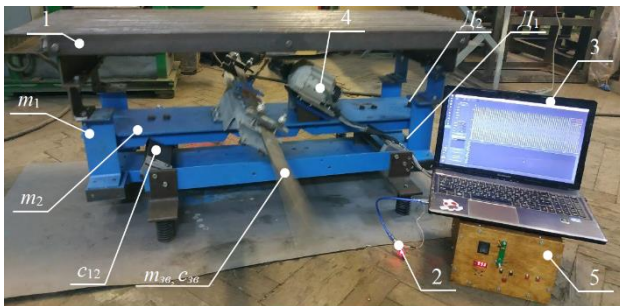


Рис. 1

Зняття механічних характеристик з експериментального зразка 1 дискретно-континуального вібраційного транспортера-сепаратора (рис. 1) відбувалось за допомогою двоканального USB-осцилографа 2, сигнали на який подавались від датчиків віброприскорень  $D_1$  та  $D_2$ , які були приєднані відповідно до активної  $m_1$  та проміжної  $m_2$

мас (схема кріплення обумовлена тим, що реактивна маса  $m_3$  надто легка й інерційний параметр датчика створить похибку у результатах вимірювання). USB-осцилограф у свою чергу підключений до ноутбука 3, який саме і опрацьовує отримані числові дані. Збурення системи через континуальну ділянку відбувалося кривошипно-шатунним приводом 4. Зміна частоти обертання серводвигуна та величини ексцентриситету виконувалася з блоку керування 5.

В даному випадку вимушену частоту коливань системи визначаємо із часових залежностей руху активної  $m_1$  та проміжної  $m_2$  мас (рис. 2) за співвідношенням кількості піків до часового проміжку на якому вони діють (для аналізу приймемо часову залежність руху проміжної маси):

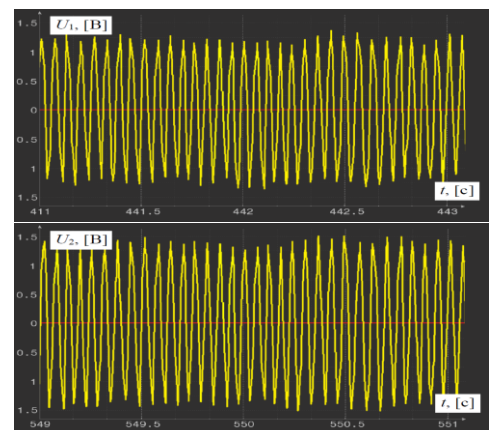


Рис. 2

$$\nu = \frac{\text{кількість піків}}{\text{часовий проміжок}} \approx \frac{31,7}{551 - 549} \approx 15,9 \text{ Гц} \left( \Omega \approx 99,6 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; n \approx 954 \text{ об/хв} \right) (1)$$

Отже, вимушена частота системи, використовуючи вираз (1), становитиме  $n \approx 954$  об/хв, що повністю узгоджуються із закладеними в [1] ( $n = 950$  об/хв), це підтверджує адекватність математичної моделі дискретно-континуальної коливальної системи.

## Література.

1. Korendiy V. Determination of inertia-stiffness parameters and motion modelling of three-mass vibratory system with crank excitation mechanism / V. Korendiy, O. Lanets, O. Kachur, P. Dmyterko, R. Kachmar // Vibroengineering PROCEDIA, 2021. – Vol. 36, pp. 7 – 12.

# ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕБІГУ ГАЗОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ВИБОЇ ГІРНИЧОЇ ВИРОБКИ ПОБЛИЗУ ТЕКТОНІЧНОГО ПОРУШЕННЯ

Академік НАН України, проф., Булат А.Ф.,

член-кор. АН України, докт. техн. наук Круковський О.П.,

докт. техн. наук Круковська В.В.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

Для дослідження перебігу газодинамічних процесів розроблено «Спосіб дослідження напруженого стану вугільного пласта та процесу фільтрації газу у вибої гірничої виробки поблизу тектонічного порушення» [1]. Цей спосіб полягає в чисельному розв'язанні диференціальних рівнянь деформування вуглепородного масиву навколо гірничої виробки і нестационарної фільтрації метану в порушеній зоні вугільного пласта з урахуванням його десорбції:

$$c_g \frac{\partial u_i}{\partial t} = \sigma_{ij,j} + X_i(t) + P_i(t), \quad \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{K}{2m\mu} \left( \frac{\partial^2 p^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 p^2}{\partial y^2} \right) + q(t),$$

де  $c_g$  – коефіцієнт демпфування;  $u_i$  – переміщення;  $\sigma_{ij}$  – похідні від компонент тензору напружень;  $X_i(t)$  – проекції зовнішніх сил, що діють на одиницю об'єму твердого тіла;  $P_i(t)$  – проекції сил, зумовлених тиском газу;  $p$  – тиск газу;  $K$  – проникність породного масиву;  $m$  – пористість;  $\mu$  – в'язкість газу;  $q(t)$  – функція залежності кількості десорбованого газу від часу.

Для моделювання тектонічного порушення задається амплітуда зміщення, довжина порушеної зони, знижені значення зчеплення, проникності  $k_{II}$  і міцності вугілля на розтяг в порушеній зоні. На кожній часовій ітерації визначається розподіл напружень  $\sigma_{ij}$ , зони непружних деформацій, що свідчать про початок процесу руйнування порід і значення проникності  $K = k_{II} + k(\sigma_{ij})$  [2], область фільтрації за критерієм:  $K > 0$  і значення тиску метану в області фільтрації. Параметри порожнини викиду визначаються за критеріями належності скінченних елементів зоні непружних деформацій і перевищення градієнтом фільтрації метану критичного значення. На наступній часовій ітерації урахується зміна тиску газу в елементах моделі при розрахунку поля напружень. В результаті отримуємо розподіли геомеханічних і фільтраційних параметрів, параметри порожнини викиду вугілля і метану, якщо він відбувається, в різні моменти часу [3]. Таким чином створюється чисельна модель для дослідження умов розв'язування та перебігу газодинамічних процесів поблизу тектонічного порушення.

## Література.

1. Булат А.Ф., Круковська В.В., Круковський О.П., Хворостян В.О. Спосіб дослідження напруженого стану вугільного пласта та процесу фільтрації газу у вибої гірничої виробки поблизу тектонічного порушення / Патент на корисну модель по заявці u202004527 МПК E21F 1/02; заявник і власник патенту ІГТМ НАН України. – №146370; 17.02.2021.– Бюл. № 7(2021).
2. Круковская В.В. Разработка метода расчета параметров процесса фильтрации метана с учетом напряженно-деформированного состояния подрабатываемого углепородного массива: дис. канд. техн. наук: 05.15.11. – Днепропетровск, 2006. – 134 с.
3. Krukovsky O., Krukovska V., Wen Zhang (2020). Outburst cavity formation in the working face driven along the outburst-prone coal seam, II International Conference Essays of Mining Science and Practice, 168, 00052.

# **РИЗИКОУТВОРЮЮЧІ ФАКТОРИ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ ПІДЙОМНИХ УСТАНОВОК ВЕРТИКАЛЬНИХ СТОВБУРІВ ШАХТ І РУДНИКІВ**

Ільїн С.Р., канд. техн. наук, с. н. с.

Адорська Л.Г., канд. техн. наук, с. н. с.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

В даний час сучасні проблеми добувної галузі України передбачається розв'язувати шляхом реформування системи управління охороною праці із застосуванням ризик-орієнтованого підходу з метою забезпечення безпечного та здорового виробничого середовища. Основним заходом в цьому є принципово новий підхід до вирішення питань у сфері охорони праці - перехід від реактивного принципу до проактивного, від компенсації завданої шкоди до профілактики виробничого травматизму [1]. В умовах вітчизняних шахт та рудників управління технічним станом шахтних підйомних комплексів зараз ведеться в реактивному режимі методами сепаратного періодичного експертного обстеження окремих типів установок, механізмів і споруд. Ремонтуються вузли, які вже повністю прийшли в непридатність і знаходяться в позакритичному технічному стані. Відсутнє науково-методичне і нормативне забезпечення щодо оцінки ризикують чинників та їх впливу на безпеку роботи шахтних стовбурів. Це гальмує розробку та впровадження заходів з мінімізації експлуатаційних ризиків в вантажопідйомних стовбурах, залежно від технічних і технологічних умов їх експлуатації [2, 3].

Безпека функціонування шахтних стовбурів при їх тривалій експлуатації залежить від сукупності характерних ризикують чинників. Експлуатація вертикальних стволів шахт в умовах техногенного зсуву і переміщення гірського масиву є джерелом технологічної групи ризикують чинників. Специфіка функціонування сучасного великовантажного підйомного обладнання є джерелом технічної групи ризикують чинників. Підвищення інтенсивності експлуатації систем шахтного підйому, в сукупності з існуючим рівнем деградації його основного обладнання, є джерелом еволюційної групи ризикують чинників.

На етапі проектування шахтних стовбурів ризикують чинником ситуація складається в тім, що параметри системи «посудина - армування» і діаграми швидкості визначаються, виходячи із критеріїв забезпечення динамічної стійкості, які не враховують можливість виникнення параметричного резонансу. В силу цієї помилки виникає ризик руйнування підйомних посудин ще на старті. На етапі будівництва шахтних стовбурів ризикують чинниками є дефекти монтажу армування, які призводять до виникнення великих навантажень, зносу армування, технічних відмов та аварій.

На етапі експлуатації шахтних стовбурів ризикують чинником ситуація полягає в тому, що, згідно з проектом, усі яруси армування розраховані на те, щоб працювати в однакових умовах навантаження і на одному рівні протистояти навантаженням з боку підйомних посудин і колостовбурного масиву. Однак, за час життєвого циклу функціонування стовбура, від моменту його будівництва і до



моменту закриття, характеристики обладнання стовбура зазнають істотних змін. Протягом декількох років експлуатації, в силу впливу агресивного середовища, зрушення гірських порід, підвищених динамічних навантажень на армування, планових або аварійних ремонтних робіт та інших факторів, по глибині ствола виникають аномальні ризиконебезпечні зміни властивостей підйомного обладнання. Ризикоутворюючі режими при роботі шахтних підйомних установок за критерієм часу розвитку ситуацій можна розділити на два типи: аварійні режими, які відслідковуються автоматикою установок в режимі реального часу та приховані режими, пов'язані з поступовим розвитком мікропорушень, що накопичуються в вузлах устаткування.

Основні напрямки ризик-орієнтованого підходу щодо керування системами шахтного підйому полягають в автоматизованому контролі параметрів устаткувань в режимі реального часу та в ідентифікації ризиків за даними періодичного або постійного моніторингу за допомогою спеціалізованих експертних систем [4-6]. При експертному обстеженні стовбура потрібно визначити допустимі швидкості роботи підйомних посудин при критичному збудженні на протяжних ділянках стовбура, а також враховувати спроможність армування протистояти ударним динамічним навантаженням при фактичному зносі протягом відповідного часу експлуатації на окремих прольотах провідників та розпорів. При оцінці динамічного стану систем «посудина-армування» треба застосовувати комплексний підхід, який визначає наявність аварійно-небезпечних процесів резонансного збудження у системі та ризикують чинників, які сприяють неконтрольованому накопичуванню деградаційних порушень у основних несучих елементах обладнання у дорезонансних режимах.

#### Література.

1. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 22 січня 2014 р. № 37-р “Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру” // Офіційний вісник України.- 2014. – № 10. – С. 333.
2. Ильин, С.Р. Обеспечение безопасности работы шахтных подъемов в стволах при сложных горно-геологических и горнотехнических условиях /С.Р. Ильин, Л.Г. Адорская, С.В. Самуся// Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2014. – Вып. 119. – С. 20 – 35.
3. Ильин, С.Р. Механика шахтного подъема: моногр. / С.Р. Ильин, И.С. Ильина, В.И. Самуся, В.Е. Кириченко - Д.: Национальный горный университет, 2015. – 302 с.
4. Ильин, С.Р. Рискообразующие процессы при работе шахтных подъемных установок / Ильин С.Р., Радченко В.К., Адорская Л.Г., // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / НАН Украины ИГТМ. – Днепропетровск, 2017. – № 134. – С. 22-33.
5. S. Ilin, L. Adorska, V. Samusia, D. Kolosov, I. Ilina (2019). Conceptual bases of intensification of mining operations in mines of Ukraine based on monitoring and condition management of mine hoisting systems. Essays of Mining Science and Practice 2019. E3S Web of Conferences 109,00030. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910900030>
6. S. Ilin, L. Adorska, D. Pataraiia, V. Samusia, D. Kolosov, I. Ilina, M. Kholomeniuk (2020). Control of technical state of mine hoisting installations/ II International Conference Essays of Mining Science and Practice 2020. E3S Web of Conferences 168, 00045 (2020). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016800045/>

## СУЧАСНІ МЕТОДИ ТА ПРИЛАДИ КОНТРОЛЮ ШАХТНОЇ АТМОСФЕРИ

Член-кор. НАН України, д-р техн. наук Круковський О.П.,  
мол. наук. співр. Дудник М.М., мол. наук. співр. Веретенник В.М.,  
головний технолог Крицький В.Є.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

З метою поліпшення контролю та підвищення ефективності провітрювання шахтних вентиляційних мереж (ШВМ) фахівцями ІГТМ НАН України розроблено і освоєно випуск спеціалізованих вибухобезпечних приладів - новий мікроманометр диференційний рудничний МДР-6 і широко відомий загальнови-знаний анемометр переносний рудничний АПР-2. Ці прилади рекомендується за-стосовувати при проведенні повітряно-депресійної зйомки ШВМ відповідно до діючої методики, викладеної в керівництві [1].

Мікроманометр МДР-6 дозволяє вимірювати перепад тисків в діапазоні від 0 до 6000 Па з точністю не гірше  $\pm(2+0,002dP)$ , де dP - вимірюється різниця тисків [2]. Також МДР-6 дозволяє вимірювати параметри відносної вологості і температури шахтної атмосфери за допомогою виносного чутливого датчика, який закріплений на телескопічною штанзі і ховається в корпус в неробочому положенні. Додаткові вимірювання комбінованим МДР-6 зручні при контролі параметрів мікроклімату в робочих зонах, обліку впливу природної шахтної вен-тиляції і т.д.

Анемометр АПР-2 (третьої модифікації) дозволяє вимірювати швидкість повітря в діапазоні від 0,15 до 20 м/с, при цьому в діапазоні особливо малих шви-дкостей від 0,1 до 1,2 м/с забезпечується похибка не більше  $\pm(0,03+0,02V)$ , що дуже важливо для контролю повітря на погано провітрюваних ділянках ШВМ, а в діапазоні понад 1,2 до 20 м/с - не більше  $\pm(0,1+0,05V)$ , де V - швидкість потоку , що впливає на крильчатку. Також сучасний АПР-2 оснащений сервісною функ-цією, яка дозволяє оперативно визначати витрати повітря в шахтних умовах [3, 4].

Найбільш точні результати повітряно-депресійних зйомок можна отри-мати, якщо вдається синхронізувати вимірювання падіння тиску і витрати (сере-дньої швидкості) потоку на вентиляційному об'єкті. Цим методом фактично ви-значається аеродинамічний опір досліджуваних об'єктів. Традиційно для реалі-зації цього методу шахтарі використовують комплект з чотирьох приладів - ма-нометри типу ММН-2500, U-образник і анемометри АСО-3 і МС 13. Однак, ці прилади не призначені для роботи в шахтних умовах. По суті це лабораторні при-лади, які тривалий час змушено застосовують на шахтах усього пострадянського простору. Ці прилади морально і фізично застаріли, малонадійні, дуже трудомі-сткі в роботі, а головне недостатньо точні. З цієї причини результати повітряно-депресійних зйомок виявляються малодостовірними, навіть при ретельному до-триманні всіх рекомендацій і вимог щодо їх проведення [1]. Надалі дані зйомок вводяться в комп'ютерні програми, за якими обчислюється аеродинамічний опір і створюються комп'ютерні моделі, що імітують ШВМ. В результаті неякісні імі-таційні моделі не сприяють розробці заходів щодо забезпечення гірничих

виробок розрахунковою кількістю повітря зі стійким провітрюванням. Брак повітря призводить до загазованості виробок і вимушеним простоям гірничого підприємства. Відсутність ефективної системи вентиляції підвищує ризики як при нормальному, так і при аварійному режимах експлуатації шахти. Також неякісні імітаційні моделі не сприяють стратегічного розвитку шахти. В цілому все це призводить до величезних фінансових втрат гірничого підприємства та його закриттю.

Для перевірки адекватності прийнятих імітаційних моделей ШВМ нами запропонований нескладний спосіб. За допомогою сучасного комплексу мікроманометра МДР-6 і анемометра АПР-2 вимірюють якомога точніше параметри додаткового аеродинамічного опору, яке тимчасово вносять в добре провітрювану гілку ШВМ. Після введення нових даних аналізують відповідності змін в моделі і у фактичній ШВМ. Якщо в характерних місцях, особливо на ділянках критичного провітрювання, зміни витрат і депресій будуть збігатися з прогнозованими моделлю, значить імітаційна модель - адекватна і їй можна довіряти, інакше - рекомендується провести повітряно-депресійну зйомку всієї ШВМ.

Таким чином, можна істотно знизити фінансові втрати гірничого підприємства на провітрювання, за рахунок застосування перевіреної якісної імітаційної моделі ШВМ. Для цього необхідно в комп'ютерні програми вентиляції вводити достовірні вихідні дані, які можна отримувати при проведенні повітряно-депресійних зйомок за допомогою сучасних точних приладів - мікроманометр МДР 6 і анемометр АПР-2.

#### Література

1. Руководство по производству депрессионных съёмок на угольных шахтах. - Донецк, 2000. – 20 с.
2. Пат. 102288 України, МПК (2015.01) G01L 9/00, G01L 13/00. України. Спосіб вимірювання диференційного тиску цифровим манометром / Дудник М. М., Веретенник В. М., Вишницький О. І., Крицький В. Е., Павлов П. В., (Україна); заявник і патентоволодар ІГТМ НАН України. – № u201503612; заявл. 17.04.2015; надрук. 26.10.2015, Бюл. №20. - 4 с.
3. Пат. 102727 України, МПК G01P 5/01 (2006.01), G01L 13/00. України. Блок первинного перетворювача анемометра / Дудник М. М., Веретенник В. М., Вишницький О. І., Павлов П. В., Енгель С. А., (Україна); заявник і патентоволодар ІГТМ НАН України. – № u201506459; заявл. 30.06.2015; надрук. 10.11.2015, Бюл. №21. - 4 с.
4. Круковский А. П. Анемометр АПР-2 – современный прибор для контроля проветривания шахт/А. П. Круковский, Ю.Д. Беликов, М.Н. Дудник// Уголь Украины, 2013 - №7 - С. 26-29.

## РОБОЧИЙ ОРГАН ГІРНИЧОЇ МАШИНИ НОВОГО РІВНЯ

Науковий співробітник Осінній В.Я.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

Підготовка зарядних порожнин для розміщення ВР у залізорудному масиві є важливим технологічним процесом при вибухових роботах у комбінованій технології збурювання блоків [1]. Сьогодні цей процес можна здійснити застосовуючи електродугові плазмотрони (ЕДП) в якості виконавчого робочого органу гірничої машини. Реалізація плазмових технологій потребує створення високо-ефективних плазмотронів потужністю 150 - 200 кВт з великим ресурсом роботи, які в основному визначаються працездатністю електродів і, в першу чергу, катода [2]. У роботі наведені результати експериментальних досліджень ресурсу роботи термохімічних катодів, які складаються з термоемісійної вставки (гафнію) діаметром 2,5 мм і довжиною 6 мм, запресованих у мідний корпус – обойму, що охолоджується водою. Катод є найбільш тепло напруженим і найменш довговічним вузлом плазмотрона.

Дослідження ресурсу роботи здійснювалося в лабораторних, полігонних та промислових умовах шахт Кривбасу в різних технологіях гірничорудного виробництва. З метою вивчення температурних характеристик плазмового факела і теплових потоків у стінки свердловини або котлової порожнини були розроблені стенди - імітатори свердловин. Температура вимірювалася двома контактними і двома безконтактними методами з використанням калориметричних датчиків, термопар різних діапазонів, тензометричних датчиків, радіаційної термопари РТМ - 10С. З метою підвищення ефективності фіксації опорної плями дуги на термокатоді запропоновано здійснювати стабілізацію приелектродної зони катодної плями поздовжнім магнітним полем.

Розроблені в ІГТМ НАН України джерела перегрітої пари дозволили створити екологічно чисті електродугові генератори водяної плазми. Робота ЕДП на водяній парі може здійснюватися за двома схемами: 1) із зовнішнім перетворенням води в пар від окремого енергетичного джерела [3]; 2) з внутрішнім паротворенням за рахунок енергії, що виділяється в електродах плазмотрона [4].

### Література

1. Булат А.Ф. Повышение эффективности буровзрывных работ в крепких рудах / Булат А.Ф., Никифорова В.А., Осенний В.Я. // Вісник КДПУ.- 2006, вип.21, ч.2.- С. 93-94.
2. Булат А.Ф. Исследование ресурса работы термохимических катодов / Булат А.Ф., Алымов Б.Д., Осенний В.Я.// Геотехническая механика : межвед. сб. науч. трудов - Днепропетровск.- 2001.- Вып. 29. - С. 152-156.
3. Булат А.Ф. Оптимизация параметров источника пара для генератора водяной плазмы / Булат А.Ф., Чемерис И.Ф., Осенний В.Я. Геотехническая механика : межвед. сб. науч. трудов .- Днепропетровск. - 2005. - Вып. 59.- С. 22-28.
4. Михайлов Б.И. Физико-технические основы электродуговых генераторов водяной плазмы : автореф. дис. докт. техн. наук. Институт теплофизики СО АН СССР. - Новосибирск. 1991.- 35 с.

# ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНОГО КУТА НАХИЛУ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА, ЩО ТРАНСПОРТУЄ ВЕЛИКОШМАТКОВІ ВАНТАЖІ

Кірія Р.В. с.н.с., д.т.н., Монастирський В.Ф. с.н.с., д.т.н.,  
Смірнов А.М. с.н.с., к.т.н.

Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України

Одним із шляхів зниження капітальних витрат і зниження довжини трас конвеєрного транспорту є збільшення кута нахилу конвеєра.

З досвіду відомо, що стрічкові конвеєри загального призначення, що транспортують сипучі вантажі, мають граничний кут нахилу  $18^{\circ}$ – $22^{\circ}$ . У той же час кут природного укосу руди і вугілля дорівнює  $40^{\circ}$  і  $35^{\circ}$  відповідно. Така різниця між кутами укосу сипучого вантажу і граничним кутом нахилу стрічкового конвеєра, що транспортує сипучі вантажі, пояснюється впливом коливання стрічки на стан вантажу при його русі по роликкоопорах стрічкового конвеєра.

При впливі коливань стрічки твердо-пластичний стан сипучого середовища переходить у вільно-дисперсний стан, при якому інерційні сили частинок перевищують сили внутрішнього кулонового тертя між частинками.

У роботі визначено граничний кут нахилу стрічкового конвеєра, що транспортує великошматкові вантажі. При цьому розглядалися різні типи роликкоопор: з жорстким ставом, амортизовані та підвісні з канатним ставом.

На основі теореми про зміну кількості руху, застосованої до великого шматка вантажу при його русі через роликкоопору, визначено граничний кут нахилу стрічкового конвеєра. В результаті отримано аналітичні залежності граничного кута нахилу стрічкового конвеєра від параметрів конвеєра [1,2].

Дослідження отриманих залежностей показали, що найбільше значення граничного кута нахилу мають стрічкові конвеєри з амортизованими роликкоопорами, а найменше значення – стрічкові конвеєри з підвісними роликкоопорами. Це пояснюється тим, що кут набігання стрічки на ролики конвеєра з амортизованими роликкоопорами менше кута набігання стрічки на ролики конвеєра з жорсткими роликкоопорами. А кут набігання стрічки на ролики з жорсткими роликкоопорами менше кута набігання стрічки на ролики конвеєра з підвісними роликкоопорами. При цьому встановлено, що зі збільшенням швидкості стрічки конвеєра і ваги шматків вантажу, що транспортується, граничний кут нахилу конвеєра зменшується, а зі збільшенням натягнення стрічки і розмірів великих шматків вантажу збільшується.

## Література

1. Определение динамических усилий при взаимодействии грузопотока с роликкоопорами ленточных конвейеров угольных шахт / В. Ф. Монастырский, Р. В. Кирия, А. Н. Смирнов, Т. Ф. Мищенко // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2012. – Вып. 104. – С. 146–159.
2. Предельный угол наклона ленточного конвейера, транспортирующего крупнокусковые грузы / Кирия Р.В., Монастырский В.Ф., Смирнов А.Н., Номеровский Д.А. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / ИГТМ НАН Украины. – Дніпро, 2020. – Вып. 152. – С. 87–98.

## **ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМОГО КУТА НАХИЛУ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА З ПРИТИСКНОЮ СТРІЧКОЮ І ПОРІВНЯННЯ ЙОГО ВЕЛИЧИНИ З ГРАНИЧНИМ КУТОМ НАХИЛУ ТРУБЧАСТОГО СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА**

Кірія Р.В. с.н.с., д.т.н, Бабій К.В. с.н.с., д.т.н., Міщенко Т.Ф., магістр.  
Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України

В даний час за кордоном набули поширення крутопохилі стрічкові конвеєри з притискною стрічкою, що транспортують сипучі вантажі. Граничний кут нахилу цих конвеєрів згідно з літературними джерелами змінюється в межах від  $35^\circ$  до  $90^\circ$  [1]. Однак в даний час не існує достатнього обґрунтування величини граничного кута нахилу таких конвеєрів.

В роботі отримано аналітичні залежності граничного кута нахилу стрічкового конвеєра з притискною стрічкою від погонного навантаження сипучого вантажу і погонної ваги притискної стрічки конвеєра, а також від коефіцієнтів тертя сипучого вантажу о несучу і притискну стрічки конвеєра та від коефіцієнта внутрішнього тертя сипучого вантажу.

Розглядалися випадки, коли коефіцієнт внутрішнього тертя сипучого вантажу більше за коефіцієнти тертя сипучого вантажу о несучу і притискну стрічки конвеєра, і коли коефіцієнт внутрішнього тертя сипучого вантажу менше від коефіцієнта тертя сипучого вантажу о несучу стрічку конвеєра.

При цьому передбачалося, що дотичні напруження в кожній точці сипучого вантажу врівноважуються проекціями сили тяжіння сипучого вантажу на напрямок руху стрічки конвеєра і не перевищують граничних дотичних напружень в сипучому середовищі.

Аналіз отриманих залежностей показав, що граничний кут нахилу стрічкового конвеєра з притискною стрічкою зі збільшенням погонного навантаження сипучого вантажу, що транспортується, зменшується.

Крім того, зі збільшенням відношення погонного навантаження притискної стрічки до погонного навантаження сипучого вантажу граничний кут нахилу стрічкового конвеєра з притискною стрічкою збільшується і при необмеженому збільшенні цього відношення наближається до  $90^\circ$ .

Порівняльний аналіз розрахунку граничного кута нахилу стрічкового конвеєра з притискною стрічкою показав, що його величина на  $5-10^\circ$  вище за граничний кут нахилу трубчастого конвеєра і змінюється в межах від  $35^\circ$  до  $40^\circ$  [2,3].

### Література

1. Галкин В. И. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий / В. И. Галкин, В. Г. Дмитриев, В. П. Дьяченко [и др.]. – М.: Из-во МГГУ, 2005. – 543 с.
2. Кирия Р. В. Определение предельного угла наклона конвейера с прижимной лентой / Р. В. Кирия, В. Ф. Монастырский, А. Н. Смирнов, Б. И. Жигула // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2021. – Вып. 152. – С. 275–284.
3. Кирия Р. В. Определение предельного угла наклона трубчатого ленточного конвейера / Р. В. Кирия, Т. И. Жигула, Желязов Т. // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2019. – Вып. 149. – С. 198–208.

## ОБОСНОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИБРАЦИОННО-УДАРНЫХ МАШИН ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ШИХТЫ

Профессор Засельский В. Й., доцент Пополов Д. В.

Учебно-научный технологический институт

Государственного университета экономики и технологий

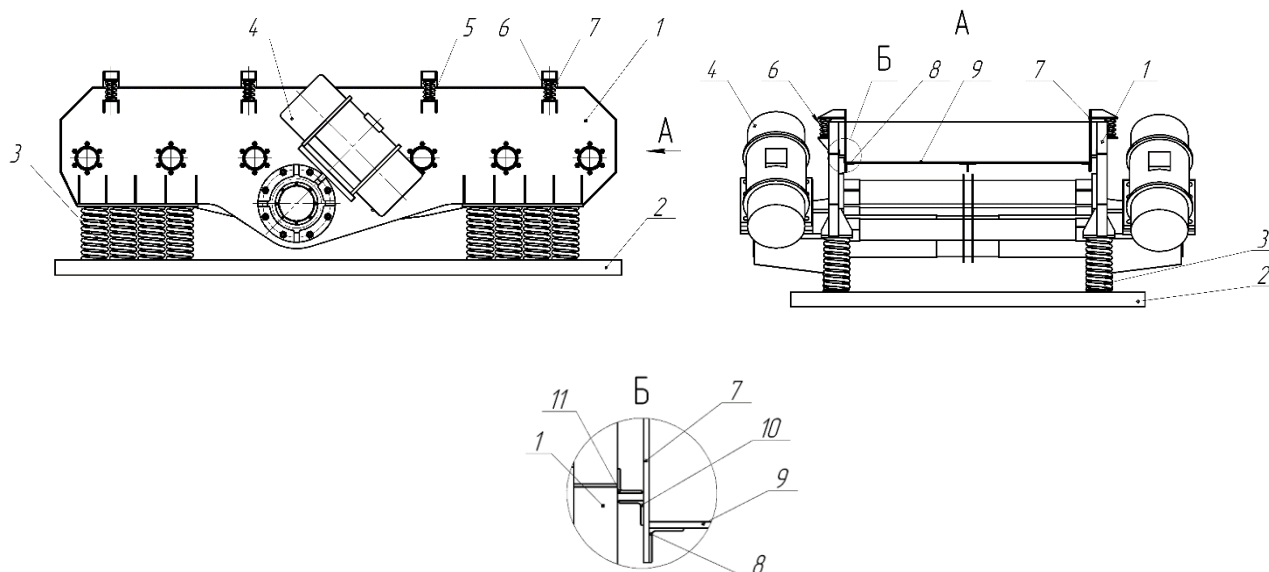
Доля Украины в мировом производстве стали составляет 1,3 % (21,3 млн. т) из них 70 % получено кислородно-конвертерным способом [1]. Это говорит о том, что доменное производство, несмотря на развития технологии прямого восстановления железа, остается основным переделом металлургического комплекса Украины. Одним из основных факторов, влияющих на потери производства чугуна и увеличения расхода кокса, является содержание мелочи в исходной шихте. Как показали исследования [2] снижения содержания мелочи на 1 % приводит в среднем к увеличению производительности доменной печи на 1 % и снижения расхода кокса на 0,5 %.

Оценка гранулометрического состава агломерата и кокса при его перемещению по тракту шихтоподачи доменной печи [3], позволила установить, что в процессе транспортирования происходит постоянное наращивание в объеме шихты содержания некондиционных фракций, за счет дробления части кусков на перегрузках после грохотов, в результате чего содержание некондиционных фракций в скиповой шихте остается высоким, эффективность грохочения находится в диапазоне 45...50 % для агломерата и 65...75 % для кокса, что является недостаточным в современных условиях. Причиной недостающей эффективности грохочения является содержание в исходной железосодержащей и топливной частях шихты 6,84...8,59 % и 19,88 % «трудных» зерен соответственно, размеры которых близки к размеру апертуры сит, в связи с чем, вероятность их прохождения через отверстия сеющей поверхности стремится к нулю, что приводит к ее забиванию, а также недостаточная стабилизация слоя шихты, которая необходима из-за трещиноватости кусков агломерата и кокса, вызванная особенностями технологического процесса его получения и охлаждения. Следует отметить и то, что на ряде шихтоподач доменных печей отсев некондиционного класса агломерата осуществляется при температуре последнего достигающей 500 °С. Такая температура материала предъявляет повышенные требования к выбору сеющих поверхностей, их надежности.

Таким образом, возникает необходимость в создании высокопроизводительного и высокоэффективного грохота для отделения мелочи из железосодержащей и топливной частей шихты, реализующего интенсивное воздействия рабочего органа на слой шихты за счет ударно-импульсных взаимодействий сита с материалом.

Сотрудниками Учебно-научного технологического института Государственного университета экономики и технологий был разработан вибрационный грохот (рис. 1), который состоит из короба 1, опирающегося на раму 2 через упругие элементы 3 и двух, самосинхронизирующихся вибраторов 4. На бортовинах короба 1 жестко закреплены стаканы 5 с установленными упругими элементами 6, на которые опирается через тяги 7 подситник 8 с закрепленным ситом

9. На тягах 7 установлены упоры 10, которые взаимодействуют со стопором 11, закрепленным на внутренней поверхности бортовин корпуса 1.



Вибрационный грохот работает следующим образом. При работе вибраторов 4 в режиме самосинхронизации корпус 1 генерирует направленные гармонические колебания, которые передаются ситам 9. Из-за того, что подситник 8 опирается на упругие элементы 6, при движении корпуса вверх, благодаря силам инерции сита 9 и рассеиваемого материала, упругие элементы 6 сжимаются накапливая энергию, при движении корпуса 1 вниз, силы инерции сита 9 и рассеиваемого материала изменяют направление на противоположное, тем самым разгружая упругие элементы 6, в результате чего накопленная ими энергия вызывает ускоренное перемещение сита 9 вверх, что приводит к ударному взаимодействию упора 10 и стопора 11. Таким образом, обеспечивается генерирование периодических ударно-импульсных колебаний сеющей поверхности грохота.

Ударно-импульсный режим работы сеющей поверхности наряду с неоднородностью амплитуд ее колебаний способствует интенсивному разрыхлению и перемешиванию рассеиваемого материала, увеличивая скорость перемещения мелких фракций на контакт с ситом 9. Кроме этого, ударное взаимодействие упора 10 и стопора 11 приводит к отрыву слоя материала от сита 9 и придает дополнительный импульс частицам, обеспечивая очистку сита от «трудных» зерен.

#### Литература

1. Steel Statistical Yearbook – Brussels: World Steel Association. 2020. – 46 p.
2. Товаровский И. Г. Доменная плавка / И. Г. Товаровский – Днепропетровск: Пороги. 2003. – 526 с.
3. Учитель А.Д. Анализ формирования гранулометрического состава шихтового материала на тракте его подачи в доменную печь / А.Д. Учитель, В.Й. Засельский, Д.В. Пополов // Тезисы докладов XIII Международной конференции «Стратегия качества в промышленности и образовании». 5 июня - 8 июня 2017. Варна – Болгария – Днепропетровск-Варна «Фортуна» - ТУ Варна. – Т.2. – С. 224-226.



## ТРАНСПОРТНІ ВАНТАЖОПОТОКИ НА ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Д.т.н, старш. наук. співр. Монастирський В.Ф.,

к.т.н., старш. наук. співр. відділу Смірнов А.М.

Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України

Транспортні вантажопотоки на гірничих підприємствах створюються різними засобами транспорту: автомобільним, залізничним, конвеєрним і комбінованим. На шахтах, рудниках широкого поширення набули локомотивна відкатка, стрічкові конвеєри; на кар'єрах в складі передових технологій (ЦПТ, ППТ) застосовується комбінований транспорт або конвеєрний. Шахтні вантажопотоки досить добре досліджено теоретично та експериментально. Встановлено [1,2,3], що вантажопотоки мають нерівномірність, можуть бути безперервними і дискретними, описуються випадковими процесами, та їх перехід з одного стану в інший має різні проміжки часу надходження вантажу та його відсутності. За тривалістю проміжку часу між імпульсами вантажопотоки можна розділити на два види: з мірним інтервалом (хвилинним) і з перервами в кілька годин. У першому випадку, згідно [2], тривалість проміжку часу між надходженнями вантажу та його відсутністю підпорядковується нормальному розподілу ймовірностей випадкової величини. Основними характеристиками такого вантажопотоку є: математичне сподівання, дисперсія, середньоквадратичне відхилення і кореляційна функція. Вантажопотоки з хвилинними проміжками часу знайшли застосування при виборі параметрів стрічкових конвеєрів (ширини стрічки, продуктивності, потужності приводу і розрахунку навантажень на опорні елементи). У другому випадку вантажопотоки враховують простої устаткування і чистий час роботи конвеєрів. В цьому випадку вантажопотік можна уявити як марковський випадковий процес з безперервним часом, при якому зміна станів відбувається у випадкові моменти часу, а дискретна множина станів описується системою рівнянь Колмогорова. При марковському процесі інтервали часу між надходженням вантажу та його відсутністю [3] підпорядковуються експоненціальному закону розподілу випадкової величини, а кореляційна функція має вигляд експоненти.

Кар'єрні вантажопотоки досліджувалися в ІГТМ НАНУ на кар'єрах Кривбасу (НКГЗК, ПівнГЗК і ЦГЗК). При цьому розглядалися великовантажний автомобільний транспорт і стрічкові конвеєри ЦПТ. Встановлено, що переходи одного стану в інший при автомобільному транспорті відбуваються в певні моменти часу, і такий процес є марковським дискретним процесом з безперервним часом. При цьому час роботи транспорту і час його простоїв підпорядковуються нормальному розподілу ймовірностей випадкової величини інтервалів стану роботи і простою. Для зниження нерівномірності дискретних вантажопотоків застосовуються акумулюючі та усереднюючі бункери, які дозволяють згладити нерівномірність вантажопотоку при подальшому перевантаженні на інші транспортні засоби.

Вантажопотоки стрічкових конвеєрів являють собою сукупність різних за крупністю фракцій, розмір яких обмежений певним інтервалом. Для таких вантажів визначальними характеристиками є крупність і гранулометричний склад. Ступінь крупності шматка  $a_{\max}$  для стрічкових конвеєрів визначається в залежності від ширини стрічки наступним співвідношенням:  $a_{\max}/B_c$ , де  $B_c$  – ширина

стрічки. Якщо це співвідношення не перевищує 0,1, то вантаж прийнято називати дрібношматковим, при значенні вище за 0,2 – великошматковим. Дрібношматкові вантажі характеризуються інтенсивністю, щільністю, міцністю, вологістю, абразивністю, схильністю до змерзання, налипання і кутами природного та внутрішнього тертя. Великошматкові вантажі характеризуються щільністю в цілику, формою, геометрією виступів і міцністю. Перш, ніж стати вантажопотоком стрічкових конвеєрів, підірвана гірська маса проходить підготовку до транспортування (дроблення, грохочення), що дозволяє скоротити розміри великих шматків в загальному об'ємі.

Дослідження вантажопотоків стрічкових конвеєрів виконувалося в ІГТМ НАНУ в лабораторних і промислових умовах. Програмою експериментів передбачалося визначити гранулометричний склад вантажу, масу великих шматків, інтервал між ними і вплив способу підготовки гірської маси на характеристики вантажопотоку. Встановлено, що вантажопотоки великошматкових вантажів на стрічкових конвеєрах є випадковими процесами і відрізняються від дрібношматкових вантажів структурою, крупністю, нерівномірністю і порційністю. Такі вантажопотоки складаються з безперервного потоку з мірним інтервалом дрібношматкових фракцій і потоку великих шматків з масою та інтервалом, що змінюються за випадковим законом. В цьому випадку вантажопотік можна розглядати як порційний, кожна порція якого складається з дрібношматкових фракцій та одного великого шматка. Отримано закономірності зміни продуктивності від гранулометричного складу вантажу, закони розподілу випадкової величини маси шматків (нормальний), інтервалу між великими шматками в залежності від підготовки гірської маси (нормальний – дроблення, експоненціальний – грохочення), а також оцінки їх параметрів – математичного сподівання, середньоквадратичного відхилення та інтенсивності відмов.

Для випадкової величини потрапляння великих шматків в заданий інтервал в залежності від підготовки гірської маси при грохоченні отримано пуасонівський закон, а після дроблення або прямого завантаження – біноміальний. При вирішенні практичних задач моделювання навантажень на опорні елементи конвеєра можна застосовувати нормальний або експоненціальний закони розподілу інтервалів між шматками.

#### Література.

1. Системы подземного транспорта на угольных шахтах / В. А. Пономаренко, Е. Л. Креймер, Г. А. Дунаев и [др.]. – М.: Недра, 1975. – 309 с.
2. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий / В. И. Галкин, В. Г. Дмитриев, В. П. Дьяченко [и др.]. – М.: Из-во МГГУ, 2005. – 543 с.
3. Кирия Р. В. Определение пропускной способности и энергоемкости транспортирования горной массы конвейерным транспортом угольных шахт / Р. В. Кирия, Т. Ф. Мищенко // Збірник наукових праць НГУ. – Дніпропетровськ: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2015. – №46. – С. 96–104.

## СПОСОБИ ЗНИЖЕННЯ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ОТОЧУЮЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ КАР'ЄРНОГО КОНВЕЄРНОГО ТРАНСПОРТУ

С.н.с., к.т.н. Жигула Т.І., н.с., к.т.н. Новіков Л.А.

Інститут геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України

Суттєвий негативний вплив на довкілля на підприємствах, що видобувають корисні копалини відкритим способом, чинить кар'єрний транспорт – автомобільний, залізничний і конвеєрний. Конвеєрний транспорт має суттєві переваги перед автомобільним і залізничним не тільки по енергоємності, але і в екологічній оцінці. Основні види збиткових впливів конвеєрних ліній на довкілля – пиління і просип вантажу при транспортуванні, що зумовлено значною площею поверхні вантажу, яка контактує з повітрям (від 5 до 22 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> в перерахунку на 1 м<sup>3</sup> перевезеного вантажу), сходом стрічки зі става конвеєра, а також наявністю перевантажувальних пунктів.

У схемах з циклічно-потоковою технологією на глибоких кар'єрах конвеєрні лінії традиційної конструкції при максимальному куті підйому в 18° мають велику довжину та декілька перевантажувальних пунктів. Для того, щоб експлуатація існуючих конвеєрних ліній відповідала вимогам захисту навколишнього середовища, необхідно конвеєри покривати захисними кожухами, а в місцях перевантаження використовувати пристрої пилопридушення, які дозволяють знизити величину концентрації окремих пилових фракцій на 91,9 %, але повністю не усувають пил, особливо найбільш шкідливий. Зазначені заходи значно збільшують капітальні та експлуатаційні витрати.

Сучасні проекти кар'єрних конвеєрних ліній, які відповідають вимогам охорони оточуючого середовища, передбачають зменшення до мінімуму, а іноді і повне усунення пересипних пунктів, а також відсутність безпосереднього контакту вантажу з атмосферою, що можливо за рахунок застосування крутопохилих стрічкових конвеєрів (КПСК) [1].

Принципова відмінність КПСК від звичайних стрічкових конвеєрів полягає в застосуванні пристроїв по утриманню вантажу від зсуву при кутах підйому завбільшки 18°. Це конвеєри з притисною стрічкою (кут підйому від 50° до 90°) і трубчастою стрічкою (кут підйому від 30° до 50°). Для глибоких кар'єрів найбільшу перевагу мають двоконтурні стрічкові конвеєри типу «сандвіч» з примусовим притисненням верхньої гілки стрічки спеціальними механічними пристроями. Повне закриття профілю досягається у стрічкових трубчастих конвеєрів (СТК), у яких стрічка згинається за допомогою роликів до отримання трубчастої форми. СТК можна застосовувати при транспортуванні дрібнокускових вантажів.

### Література.

1. Яковлев В.Л. Технологические аспекты применения крутонаклонных конвейеров в горнодобывающей промышленности / В.Л. Яковлев, А.П. Тюлькин, Г.Д. Кармаев // Горный информационно-аналитический вестник. – М.: МГГУ-МГИ, 2002. – С. 211–217.

## ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ВИДОБУТКУ БУРШТИНУ В РІВНЕНСЬКО-ВОЛИНСЬКОМУ РЕГІОНІ

Корнієнко В.Я., д.т.н., проф., Маланчук Є.З., д.т.н., проф.,  
Христюк А.О., к.т.н., доцент, Семенюк В.В., аспірант  
Національний університет водного господарства та  
природокористування, м. Рівне

За запасами бурштину у світі Україна є одним з європейських лідерів, близько шести відсотків від світових запасів. Вона посідає друге місце у світі за запасами бурштину, водночас вирізняється найвищим у світі відсотком бурштину ювелірної якості в покладах. Основні поклади цього коштовного каміння знаходяться у правобережній частині Полісся – Прип'ятському бурштиноносному басейні (північна частина Волинської, Рівненської, Житомирської та Київської областей). Промислова розробка ведеться в Рівненській області на родовищах у Сарненському (Клесівське, Вільне) та Володимирецькому районах. Сумарні запаси оцінюються у 100 тис. т, які переважно залягають у піщаних та піщано-глинистих ґрунтах на глибині до 15 м [1]. В Україні існують всі можливі передумови для бурхливого розвитку відповідної галузі держави, що пов'язані з видобуванням, обробкою та реалізацією бурштину і виробів із нього. За статистичними даними, незважаючи на великі запаси цього мінералу, українські державні компанії, які мають спеціальні дозволи на видобуток бурштину, щорічно видобувають близько 4 т дорогоцінного каміння. Набагато більше (в межах 100 т на рік) його видобувають старателі на незаконних промислах, які не контролюються державою [2-5].

Потенційні запаси бурштину в Рівненській області за результатами пошуково-оцінювальних робіт Рівненської КГП ДП «Українська геологічна компанія» лише в Дубровицькому, Сарненському та Володимирецькому районах становлять більше 1400 тон.

Проблеми, які супроводжують видобуток бурштину, потребують державно-господарського регулювання та відповідного правового регулювання, а незаконний (нелегальний) видобуток бурштину внаслідок стихійного промислу продовжує завдавати значні матеріальні і екологічні збитки державі.

На даний час впровадження нових технологій видобутку бурштину гальмується із-за невизначеності в правових питаннях, що відлякує потенційних вітчизняних та іноземних інвесторів від вкладення грошей у розробку бурштинових родовищ. Зростання цін на бурштин на світовому ринку дорогоцінного каміння, низький рівень зайнятості на Поліссі та корупція у правоохоронних органах, незначні покарання за незаконне видобування корисних копалин, відносна дешевизна та простота технології кустарного видобування бурштину через його приповерхнєве залягання – спричинили значні масштаби нелегального старательського видобування бурштину на Поліссі.

Однак потреби у бурштині зростають, видобування потребує промислового видобутку, яке засноване на впровадженні сучасних та екологічних способів видобутку. Бурштин використовується в різних галузях, зокрема у ювелірно-виробничій, медичній та хімічній промисловостях. У ювелірній справі

використовуються фракції бурштину великих та середніх розмірів. У медицині застосовують бурштинову кислоту, для якої слугують і фракції розміром менше 5 мм, що становлять понад 40 % загальної кількості бурштину, які знаходяться у даних родовищах, який залишається в надрах землі після видобутку відомими основними способами. Добування бурштину здійснюється в основному механічним та гідравлічним способами, які мають ряд недоліків, зокрема великі економічні затрати, винос породи на поверхню, утворення пустоті т.д.

Запропонована нами технологія та обладнання для її здійснення в значній мірі дозволяють реалізувати вимоги по підвищенню видобутку бурштину за рахунок переробки забалансових запасів у техногенних покладах і покращення екологічної ситуації навколишнього середовища. Дана технологія поєднує у собі механічний та гідравлічний спосіб видобутку бурштину та має цілий ряд переваг над існуючим технологіями. Пошарова технологія видобутку з використанням комплексного методу дозволяє вилучати бурштин до 95 % з піщано-глинистого бурштиновмісного родовища за рахунок комплексу видобувного гідромеханічного обладнання.

Таким чином, на сьогодні добування бурштину потребує новітніх технологій і удосконалення засобів для інтенсифікації процесу видобутку, при якому досягається вища продуктивність та ефективність, а також зменшення негативного екологічного впливу на навколишнє середовище.

#### Література.

1. Промислові технології видобутку бурштину. Монографія. Булат А.Ф., Надутий В.П., Маланчук Є.З. Маланчук З.Р. Корнієнко В.Я. Монографія: – Дніпро - Рівне: ІГТМ-НУВГП, 2017, С. 237
2. Спеціальні технології видобутку корисних копалин. Маланчук З.Р. Маланчук Є.З. Корнієнко В.Я. Навчальний посібник – Рівне: НУВГП, 2017, С. 290.
3. Корисні копалини Рівненщини. В кн. Меліорація та облаштування Українського Полісся. Маланчук З.Р., Корнієнко В.Я., Маланчук Є.З., Жомирук Р.В., Ігнатюк І.З., Маланчук Л.О., Мощич С.З., Сольвар Л.М., Тимошук І.І., Романчук С.С., Загуровський В.Н. Колективна монографія / за ред. д.с-г.н., професора, акад. НААН Я.М. Гадзала, д.т.н., професора, член-кор. НААН В.А. Сташука, д.т.н., професора А.М. Рокочинського. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. – Т.2. Гл. 57. – 854 с. 600-617.
4. Analysis of the existent technologies of amber mining. Korniyenko V. Ya., Malanchuk E. Z., Soroka V. S., Khrystyuk A. O. Resources and resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph. – Petroani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2018. - 363 pp., 209-232 pp.
5. Malanchuk Z., Korniyenko V., Malanchuk Ye., Khrystyuk A., Kozyar M. Identification of the process of hydro mechanical extraction of amber. E3S Web of Conferences. Volume 166 (2020) 02008.

## ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДВАЛІВ ФОСФОГІПСУ В РІВНЕНСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Д.т.н., проф. Маланчук З.Р., к.т.н., доцент Жомирук Р.В.

Національний університет водного господарства  
та природокористування, м. Рівне

Д.т.н., проф. Надутий В.П.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова  
НАН України, м. Дніпро

Забезпечення екологічно безпечного існування всіх природних об'єктів є однією з основних проблем сучасності. Екологічну безпеку в даний час розглядають як невід'ємний елемент національної безпеки, що дуже актуально практично для всіх країн світу.

При розробці родовищ корисних копалин, їх видобутку і переробці, як правило, утворюються відходи, які забруднюють навколишнє середовище, зокрема, ґрунти і ґрунтові води. На даний час загальний обсяг накопичених в Україні твердих відходів складає 25-28 млрд. т. Вони розміщені у відвалах, загальна площа яких складає близько 180 тис. га та щорічно збільшується на 3-6 тис. га. В першу чергу, це відноситься до гірничо-металургійного комплексу, оскільки утворення відходів цієї галузі складає 90% загального обсягу усіх відходів промислового виробництва України.

В Рівненській області найбільшим техногенним об'єктом є відвали фосфогіпсу поблизу виробничого майданчику ПрАТ «Рівнеазот». Це відходи четвертого класу небезпеки, які представлені в основному оксидами фосфору, що накопичуються в відвалах фосфогіпсу. Відвали займають площу 58 га і загальна кількість їх становить 15,3 млн. т [1].

В перерахунку на суху речовину у фосфогіпсі міститься 94%  $\text{CaSO}_4$ , 1,8 нерозкладеного апатиту, 1,8 фосфорної, 0,22 кремнійфтороводневої кислоти, 1,92 нерозчинного залишку, до 1% оксидів заліза та алюмінію. Вологість свіжовиготовленого фосфогіпсу 42%, з них 17-19% води входить у кристалічну ґратку гіпсу і 22-24% - вільна.

Вода, яка вимивається з фосфогіпсу атмосферними опадами надходить в ґрунт, далі в річку Горинь. Тому, відвали представляють особливу загрозу не тільки для прилеглих територій, а й для всього басейну річки Горинь [2, 3].

Отже, пошук шляхів запобігання забрудненню ґрунтів і ґрунтових вод від впливу відвалів фосфогіпсу, переробка і утилізація фосфогіпсу, є важливими та актуальними завданнями.

Інженерна схема перехоплення забруднених вод з території відвалів фосфогіпсу включає в себе один з нових сучасних підходів до вирішення проблеми екологічно безпечного зберігання промислових відходів. Дана інноваційна розробка дає змогу забезпечити екологічно безпечне зберігання промислових та побутових відходів і, тим самим, забезпечує вироблення підходів до вирішення однієї з найгостріших проблем сучасності – зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище за рахунок застосування сучасних технологій

з використання місцевих природних матеріалів, яким є цеоліт-сметитовий туф [4].

В основі запропонованого способу покладена ідея підвищення сорбційної здатності захисного екрану відвалів фосфогіпсу з одночасною можливістю захисту ґрунту, безпечного відведення вологи з масиву відвалів за рахунок очищення високомінералізованих вод.

У Рівненсько-Волинському регіоні цеоліт-сметитовий туф є в достатній кількості та потрібної технологічної якості і може бути ефективно використаний для вирішення питань пов'язаних із захистом навколишнього середовища від негативного впливу промислових і побутових відходів.

Природні цеолітові туфи мають високу селективність поглинання і здатність розділяти за розмірами іони і молекули різних речовин, досить високу механічну і хімічну стійкість. Цеолітовий туф у процесі своєї експлуатації мало змінює свої фізико-хімічні властивості, зберігає високу освітлювальну і іонообмінну селективність до цілого ряду хімічних елементів, вміст яких строго нормується.

Скелетна структура цеолітових туфів містить порожнини, які зайняті крупними іонами і молекулами води, приводить до іонного обміну і зворотної дегідратації. Таким чином, цеоліти володіють властивостями потужного природного іонообмінника.

Характерною особливістю цеолітів є також наявність системи порожнин і каналів в їхній структурі, які можуть складати до 50% від загального об'єму цеоліту, що обумовлює його властивість як природного сорбенту. Вхідні отвори з каналів у порожнинах цеолітів, які утворені кільцями з атомів кисню, — найбільш вузькі місця каналів. Формою і розмірами цих вікон визначаються величини іонів і молекул, які можуть проникнути в порожнини, що зумовлює використання цеолітів в якості молекулярних сит.

Дослідженнями встановлено, що на сьогоднішній день цеолітовий туф відноситься до матеріалів, які є винятково перспективними для використання їх як природного сорбенту при поглинанні шкідливих речовин, що поступають від відвалів промислових та побутових відходів, і зокрема відвалів фосфогіпсу, в навколишнє середовище.

#### Література.

1. Technological features of processing of man-made waste of phosphogypsum. Malanchuk Z.R., Moshynskiy V.S., Vasylichuk O.Yu., Zhomyruk R.V. Sustainable development of resource-saving technologies in mineral mining and processing. Multi-authored monograph. – Petroșani, Romania: UNIVERSITAS Publishing, 2019. - 400 pp., 18-38 pp.
2. Malanchuk, Z., Moshynskiy, V., Malanchuk, Y., Korniienko, V., Koziar, M. (2020). Results of Research into the Content of Rare Earth Materials in Man-Made Phosphogypsum Deposits. Key Engineering Materials, (844), 77-87.
3. Moshynskiy, V., Malanchuk, Z., Tymbaliuk, V., Malanchuk, L., Zhomyruk, R., & Vasylichuk, O. (2020). Research into the process of storage and recycling technogenic phosphogypsum placers. Mining of Mineral Deposits, 14(2), 95-102.
4. З.Р. Маланчук, А.М. Рокочинський, В.М. Терещенко, О.В. Хмилецький, Р.В. Жомирук. Спосіб безпечного складування твердих побутових відходів. – а.с. № 25546, 2007.

## **АНАЛІЗ ПРОЯВІВ ФОРМУВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ЯВИЩ ГІРСЬКОГО ТИСКУ ПРИ ВЕДЕННІ ГІРНИЧИХ РОБІТ ПОБЛИЗУ ВИРОБОК ІЗ АНКЕРНИМ КРІПЛЕННЯМ**

Член-кор. АН України, докт. техн. наук Круковський О.П.,  
ст. наук. співр., канд. техн. наук Адорська Л.Г.,  
наук. співробітник Буліч Ю.Ю.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України

Дослідження геомеханічних процесів у гранично напруженому вуглепородному масиві та встановлення механізмів виникнення газодинамічних явищ є актуальною проблемою для забезпечення безпечних умов ведення гірничих робіт. В результаті взаємодії техногенних та природних факторів при розробці родовища відбувається перерозподіл полів напружень та деформацій в масиві гірських порід. В деяких випадках в динамічному режимі. Розглядається приклад такої події.

Проведено аналіз випадку з ознаками гірничого удару, який відбувся на шахті «Красноармійська-Західна» № 1, де виробка із анкерним кріпленням в поєднанні із гірничо-геологічними умовами, технологією та послідовністю очисних робіт могла спровокувати підсилення проявів обвалення основної покрівлі пласта до гірничого удару.

При проведенні підготовчої виробки першої південної лави блока № 2 пласта d<sub>4</sub> на ПК156 була зустрінута система тектонічних порушень, яка ускладнювала роботу лави. Прийняте рішення на початковому етапі скоротити лаву і для цього провести додатковий 1бис конвеєрний штрек. Наступне розширення лави передбачалося одночасним переходом виїмкового комплексу до додаткового монтажного ходка, де на той час вже встановлені секції. Цей ходок при проведенні був закріплений анкерним кріпленням по простій схемі анкерування. При просуванні лави в напрямку додаткового монтажного ходка відбулася посадка основної покрівлі з усіма ознаками гірничого удару.

Мета роботи – зрозуміти, чи не могла наявність попереду лави поперекової до виїмкового стовпа ділянки виробки із анкерним кріпленням спровокувати динамічне явище у вигляді гірничого удару.

Розглядаються декілька версій розвитку ударонебезпечної ситуації та виникнення гірничого удару в умовах першої південної лави блока № 2.

Базова версія виникнення гірничого удару базується на збігу низки обставин гірничо-геологічних та гірничотехнічних умов, а саме наявності вище пісковика основної покрівлі пласта d<sub>4</sub> вугільного пропластка, серії зустрічних тектонічних порушень, набір «квадрата» та інші.

Для аналізу вкладу всіх чинників в розв'язування динамічного явища, а також встановлення механізму його протікання проводяться дослідження з використанням моделювання. В подальшому це дозволить вдосконалити гірничі технології та знизити ризики виникнення динамічних проявів гірського тиску.



# ВЛИЯНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПОСЛЕДУЮЩЕГО МЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Д. т. н., с.н.с. Васильев Д. Л.

ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины

Доцент Ганкевич В.Ф., доцент Москалева Т.В.

НТУ «Днепровская политехника»

Ассистент Ливак О.В.

Украинский государственный химико-технологический университет

Термоциклическое воздействие, основанное на тепловом нагружении по схеме: нагрев – резкое охлаждение является эффективным способом разупрочнения горных пород [1, 2]. Для проектирования инструментов и технологических процессов разрушения горных пород, основанных на предварительном термоциклическом ослаблении, необходимо прогнозировать возможное изменение энергетических показателей разрушения [3].

В работе проведен анализ возможного снижения энергоемкости механического разрушения с предварительной термоциклической обработкой по схеме: нагрев-охлаждение. На основе модели измельчения Риттингера доказано возможное пятикратное снижение затрат энергии при механическом разрушении обработанных тепловой обработкой горных пород.

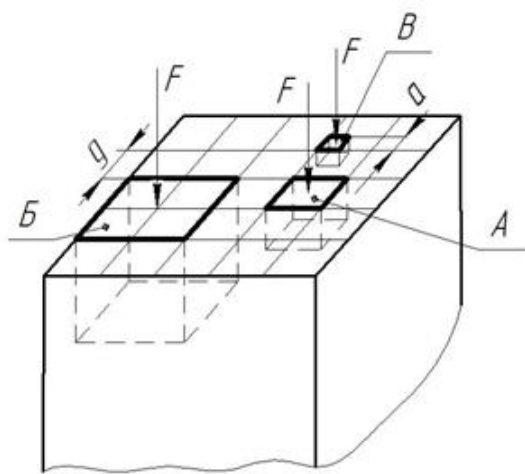


Рис 1

Показано, что снижение энергоемкости отделения частицы от массива зависит от соотношения размеров частицы и параметров сетки растрескивания при тепловой обработке. На рис 1 показана схема отделения частиц от массива горной породы с трещинами при различных соотношениях размеров сетки трещин  $q$  и отделяющихся частиц  $a$ .

Приведены экспериментальные подтверждения возможности существенного снижения энергоемкости механического разрушения пород с предварительной термоциклической обработкой.

## Литература.

1. Бродов Г.С. Основы термомеханического колонкового бурения. – СПб.: ВИТР, 2001, 55с.
2. Разрушение горных пород при резком охлаждении [Текст]: моногр./А.А. Кожевников, В.В. Крисан, Ю.Н. Вахалин, О.А Третьяков, О.В. Ливак.-Д.:ТОВ «Лизунов Прес», 2011.
3. Вахалин Ю. Н., Трохимец Н. Я., Ляш С. И. Создание машин для бурения скважин большого диаметра в крепких горных породах. – В кн.: Машины для предприятий горной промышленности. Сб. науч. тр. Киев : Наук. думка, 1986. – С. 85-91.

## К ОЦЕНКЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ФЛУКТУАЦИЙ В ЗЕРНАХ АЛМАЗА ПРИ БУРЕНИИ АЛМАЗНЫМИ КОРОНКАМИ

Д.т.н., с.н.с. Васильев Д.Л.

ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины

Доцент Ганкевич В.Ф.

НТУ «Днепровская политехника»

Доцент Кравец В.И., ассистент Ливак О.В.

Украинский государственный химико-технологический университет

Если рассматривать взаимодействующую пару: матрицу алмазной коронки армированную выступающими алмазами и горную породу, как некую систему, то в процессе трения матрицы о забой внешняя механическая энергия преобразуется в энергию потоков тепла и вещества. Основная концентрация потоков происходит в местах, где алмазы выступают над матрицей и воспринимают на себя дополнительную нагрузку. Трущаяся система пытается сгладиться, концентрируя на алмазах давление и температуру. Алмазы, в силу своей более высокой твердости, чем разрушаемая среда, вдавливаются в породу и разрушают ее. Поскольку процесс резания горных пород является прерывистым, то концентрация энергии на алмазах происходит периодически, в виде «вспышек». Каждая такая «вспышка» сопровождается кратковременным повышением температуры в зоне контакта (температурной флуктуацией) и отколом микрочастицы породы.

В работе, с позиций термоупругой неустойчивости [1] рассмотрен вопрос температурных микровспышек в единичных алмазах при взаимодействии шероховатых поверхностей матрицы алмазной коронки и забоя скважины, с целью учета этого фактора в механизме износа алмазов буровой коронки. Произведена оценка величины температурных флуктуаций на поверхности режущих алмазов и определен размер зоны вспышек [2].

Показано, что при бурении гранита алмазной коронкой на поверхности алмаза в зоне размером  $5,8 \cdot 10^{-5}$  м наблюдаются температурные вспышки величиной  $400^{\circ}\text{C} < T^* < 3650^{\circ}\text{C}$ . Наличие таких «микровспышек» на поверхности алмаза в очень малой области в процессе взаимодействия с породой может приводить к графитизации алмаза в этом месте и отрыве от поверхности зерна. Такой механизм должен играть определенную роль в износе и разрушении участков поверхности алмазов в процессе бурения.

Величина температурных флуктуаций зависит от физико-механических свойств контактирующей пары: алмаз – горная порода, режимных параметров работы инструмента и характера размещения алмазов в матрице коронки.

### Литература.

1. О термоупругом искажении профиля поверхности забоя скважины при алмазном бурении// Кожевников А.А., Вахалин Ю. Н., Вырвинский П. П., Мартыненко И. И., Дреус А. Ю. - „Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения”. Сб. научн. тр.: ИСМ НАН Украины, 2005. – С. 18 – 22.
2. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия. М.: „Мир”, 1989. – 320с.

## СПОСОБИ ФОРМУВАННЯ МЕЗОРЕЛЬЄФУ ПРИ ДООПРАЦЮВАННІ КАР'ЄРНОГО ПОЛЯ

М.н.с. Малєєв Є.В.

ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України

При розробці технології формування мезорельєфу в техногенному геологічному середовищі необхідно визначитись з переміщенням фронту гірничих робіт щодо існуючого рельєфу і поділу родовища на кар'єрні поля для поетапного відновлення природного середовища.

В Україні розвідано досить велика кількість родовищ з горизонтальним або пологим заляганням корисних копалин з осадовими покривними породами. Родовища передбачають відпрацьовувати по черзі декількома кар'єрними полями. Так, наприклад, при розробці Нікопольського марганцеворудного родовища, зокрема Покровським ГЗК (кар'єри Покровського ГЗК) родовище було поділено на кар'єрні поля, що забезпечує мінімальні витрати на розробку. Так при доопрацюванні одного кар'єрного поля, гірничими роботами було передбачено проведення розрізної траншеї для наступного кар'єру.

Цей принцип іноді приводив до обвальних процесів на кар'єрах через перекриття руху підземних вод. Поділ родовища на кар'єрні поля з урахуванням формування мезорельєфу має виходити з принципу його відновлення для всього родовища. Це завдання має вирішуватися для кожного конкретного родовища.

Так при розділі Мотроно-Аннівського родовища титано-цирконієвих руд на кар'єрні поля фронт гірничих робіт розташовується паралельно тальвегів балок, що є найбільш переважніше згідно розробки [1]. Пропонується черговість відпрацювання родовища, що забезпечує формування мезорельєфу всій території.

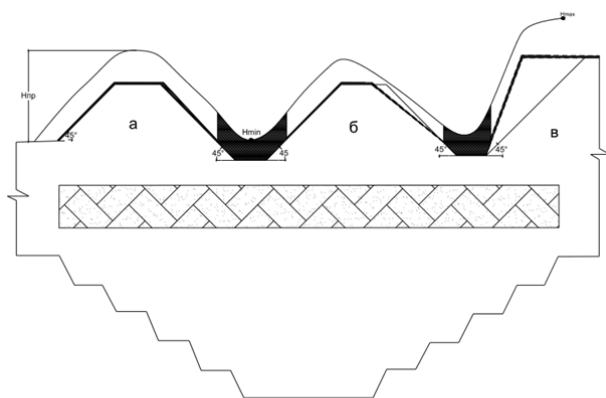


Рис. 1|

породами в місцях, де формується позитивний (пагорбкуватий) елемент рельєфу;

- планувальні роботи на насипах з формуванням необхідних кутів їх укосу відповідно до тих, що раніше існували (природні);
- відтворення водоупору та водоносного горизонту четвертинних відкладень;

На підставу цього розглянемо відпрацювання родовища і поетапне відновлення формування мезорельєфу, який включає наступні етапи (рис. 1):

- засипку кар'єру породами розкриття до висоти, що менша мінімальної висотної відмітки точки раніше існуючого природного рельєфу, на висоту насипу потенційно-родючого шару (за пропонованою технологією 1 метр);

- відсипання насипів під кутом природного укосу (45°) розкритими

– відтворення пористості в лесовидних суглинках шляхом пошарового вирощування рослин при формуванні відвала для забезпечення живлення водоносних горизонтів.

При паралельному відпрацюванні родовища і формуванні мезорельєфу на першому етапі проводиться по черзі засипка відпрацьованого простору розкритими породами і планування основи мезорельєфу [2]. Після чого формуються насипи на місцях природних позитивних елементів рельєфу на висоту меншу від  $H_{\max}$  на величину до 1 м під кутом природного укосу  $45^\circ$  на відстань між відвалами  $L$  з використанням кар'єрного транспорту. При формуванні мезорельєфу можливі три варіанти:

1 – сформована насип з розкритих порід з кутом укосу  $45^\circ$  відповідає природному куті цього елемента рельєфу (рис. 1 а);

2 – сформована насип з розкритих порід з кутом укосу  $45^\circ$  більше природного кута цього елемента рельєфу (рис. 1 б);

3 – сформована насип з розкритих порід з кутом укосу  $45^\circ$  менше природного кута цього елемента рельєфу (рис. 1 в).

Для першого варіанту після формування насипу з розкритих порід проводиться укладання потенційно-родючого шару ( $H_{\text{пр.}}$ ) прийнятої висоти.

Для другого варіанту необхідно попередньо здійснити планування укосів насипу до відповідності його природному.

У третьому варіанті необхідно збільшити кут укосу насипу. Оскільки початкову насип формують під природним кутом укосу  $45^\circ$ , то технологічно це можливо зробити за допомогою відвалоутворювача-метальника ММД-1 та анкерування або сітки, чи зміцнення композитними матеріалами, що забезпечує стійкість укосу насипу, кут якої, більше кута природного укосу.

Після формування насипів здійснюють відсіпання першого шару з вирощуванням рослин протягом 1 року. Відсіпання другого шару здійснюють через рік.

Для реалізації технології можливе застосування таких засобів механізації:

– для засипання кар'єру застосовують автомобільний транспорт різної продуктивності і габаритів в залежності від умов застосування;

– для планувальних робіт застосовують бульдозери, автогрейдери, екскаватори та драглайни;

– для укладання родючого шару застосовують консольний відвалоутворювач (проте застосування цього виду транспорту не вельми зручно, тому що в місцях де потрібно планувати невелику висоту він буде втрачати продуктивність) і відвалоутворювач-метальник, яким буде формуватися мезорельєф.

Література.

1. Малеев Е.В. Направление развития горных работ по восстановлению ландшафта нарушенных территорий при открытой разработке горизонтальных месторождений // *Металлургическая и горнорудная промышленность*, 2017. - № 4. - С. 63-70.
2. Дриженко А.Ю. Восстановление земель при горных разработках // М.: Недра, 1985. - 240 с.

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПІДСТАДІЙ КАТАГЕНЕЗУ І МЕЖ ВИКИДОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ НА ПРИКЛАДІ ВІДКЛАДІВ ДОНБАСУ**

Баранов В.А., зав. лаб. «Дослідження структурних змін гірських порід»,  
д. геол. наук,  
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України;  
Дніпро, Україна  
E-mail: andreevich7526@i.ua

В середині минулого століття виділення підстадій катагенезу було однією з особливо актуальних завдань в геології. Це було викликано необхідністю виділення зон газо- і нафтоносності, визначенням колекторів, утворенням скупчень вуглеводнів. У «Справочнике по литологии» [1] автори виділили три підстадії катагенезу: прото-, мезо- і апокатагенез, підкреслюючи, що протягом тривалого часу була прийнята, по суті, «вуглемарочна» шкала катагенезу, що базується на ступені перетворення вугільних шарів в осадочних породах. Останнім часом, однак, показане недостатнє задовільнення такого підходу і запропоновано відмовитися від «вуглемарочної» шкали катагенезу. Але далі пропозиції справа не пішла, так як нова шкала, розроблена цими вченими, заснована на урахуванні зміни складу і властивостей вітриніту і багато в чому базується на шкалі вуглефікації. Крім цього, не дивлячись на наявність шкали катагенезу, її автори пишуть про те, що межа між різними стадіями і підстадій післяседіmentaційного перетворення осадочної речовини є поки кілька проблематичною, на їхню думку, це відноситься і до межі між осадочними і метаморфічними породами. Рішення проблеми пропонується автором даної публікації на основі нового підходу, без урахування органічної речовини, коротко викладеного нижче.

Виконані оптичні та електронно-мікроскопічні дослідження карбонових пісковиків Донбасу, дозволили встановити в них наявність всіх відомих раніше видів пластичних мікродеформацій: смужок Бьома, пластинок деформації, "зім'ятого" кварцу, ірраціонального двійникування і деформаційних поясів [2]. Крім зазначених видів деформації були встановлені і описані такі нові види деформацій, як S - образні смужки Бьома, трансляційні смуги ковзання і таблитчастий кварц, а також визначено збільшення загальної їх кількості від периферії Донецького басейну до його центральних, тектонічно найбільш порушених районів і з палеоглибиною [3,4].

Було встановлено, що для кожного конкретного регіону характерне переважання якого-небудь одного виду мікродеформацій. Для осадочних порід Донбасу таким видом є смужки Бьома - площині пластичних мікродеформацій в породоутворюючих мінералах, декоровані газорідкими включеннями. Причиною цього стало, ймовірно, велика кількість газів, що знаходяться під тиском в слабопроникних карбонових пісковиках Донбасу і проникли в площині пластичних мікродеформацій під час їх утворення. У кількісному відношенні смужки Бьома займають до 80 % від загального обсягу мікродеформацій порід Донбасу.

Отримані результати, а також той факт, що пластичні мікродоформації є наслідком прикладених зусиль, як літостатичних, так і тектонічних (для умов Донбасу), дозволили розробити новий кількісний коефіцієнт відносної порушеності ( $K_n$ , %) і ступеня напружено-деформованого стану порід на мікрорівні. Даний показник був реалізований при розробці нового комплексного способу визначення викидонебезпечності гірських порід, на який отримано авторське свідоцтво [5]. Пізніше цей показник спільно з показником колекторських властивостей був використаний для визначення ступеня катагенеза без залучення органічної речовини.

Ідея даної розробки полягає в тому, що значення фізико-механічних, колекторських і петрографічних показників змінюються по-різному. Одні показники збільшуються з палеоглибиною (значення межі міцності на стискування, розтяг, мікропорушеність, об'ємна вага), інші показники зменшуються за абсолютними значеннями (пористість, вологість). Кореляційний зв'язок між значеннями показників, один з яких збільшується, інший зменшується, носить ступеневий характер. Подібний зв'язок між двома показниками, що збільшуються або зменшуються, має прямолінійний характер.

Для вирішення даної проблеми використовувалися проби карбонів семи геолого-промислових районів Донбасу, з південно-західної окраїни басейну, через центр до північно-східної, для отримання порівняльних даних. У процесі досліджень було встановлено, що найбільш інформативні дані виходять при зіставленні показників порушеності і відкритої пористості. Теоретично можна використовувати й інші критерії, але показники фізико-механічних властивостей - межі міцності порід на стискування і розтягнення, мають велику ступінь варіації і для кількісних визначень їх застосування проблематично. В силу цих причин було відібрано два показники: коефіцієнт порушеності і показник відкритої пористості, витрати на визначення яких мінімальні, а точність визначення - до другого знаку після коми або в межах 10 %, задовольняє виконанню сформульованого завдання.

Методичне визначення виконується наступним чином. Відбираються проби досліджуваних порід, в яких визначаються показники порушеності і значення відкритої пористості. Після отримання даних визначається значення парної кореляції між відкритою пористістю і мікропорушеністю. Отримані значення змінюються в межах від -1 до +1. Зазначені значення кореляції змінюються з палеоглибиною від негативних до позитивних і від позитивних, знову до негативних. Досить точно, в кількісному відношенні, фіксуються зони інверсії - перехід значень від позитивних до негативних і навпаки. Зазначені зони інверсії є функцією напруженого стану порід або тисків, як тектонічних, так і регіональних літостатичних. З цієї причини зони інверсії не збігаються з вуглемарочною шкалою, яка представлена в роботі [1]. Ці зони мають свою палеоглибину для кожного району, шахтного поля і навіть ділянки шахтного поля, що відображає різні локальні впливи на застосовувані параметри. Далі, зазначені зони інверсії виділяють викидонебезпечний інтервал або палеостратиграфічний горизонт порід, в якому можливі газодинамічні явища. Виконані дослідження показали, що всі

викиди порід Донбасу для вивчених районів, розташовані в межах середньої підстадії катагенеза.

Таким способом можна встановлювати верхню і нижню межі викидонебезпечного інтервалу для осадових порід в умовах Донбасу, що мають фізичну основу і кількісні критерії. На дану розробку отримано Патент України №31482.

Розроблений метод, заснований не на ступені перетворення органічної речовини, а на ступені перетворення пісковиків, під дією об'ємного тиску, викликаного як тектонічними процесами, так і регіональним ущільненням (літостатичний тиск). Даний метод дозволяє кількісно визначати ступінь катагенетичних перетворень і дозволяє встановлювати межі підстадій цих перетворень.

Виявлений збіг середньої підстадії катагенезу і інтервалу викидонебезпечності порід, не може бути випадковим, оскільки кожна підстадія катагенезу відображає не тільки ступінь перетворень, а й має комплекс факторів і властивостей, характерних для даної підстадії. Викидонебезпечність порід слід розглядати як одну з властивостей порід середньої підстадії катагенезу, принаймні для Донбасу. Зазначений метод можна також застосовувати і для визначення фаз нафто- і газоутворення.

#### Література.

- 1.Справочник по литологии. - М.: Недра, 1983. - 509 с.
2. Кац М.Я., Симанович И.М. Кварц кристаллических горных пород.- М.: Наука, 1974. – 189 с.
3. Баранов В.А. Структурные преобразования песчаников Донбасса и прогноз их выбросо-опасности / Автореф. дис... доктора геол. наук. – Днепропетровск, 2000. – 35 с.
4. Баранов В.А., Маметова Л.Ф. Закономерности формирования видов пластических микродеформаций в кварце песчаников Донбасса // Науковий вісник НГА України, 2001. - №5. – С.77-79.
5. Баранов В.А. Новый показатель степени катагенезауглеводородообразующих пород Донбасса // Геотехническая механика. – 1998. - №5. – С.138-143.

## **СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ПОРУШЕНИХ ЗОН В ТЕРИГЕННИХ ПОРОДАХ**

Пащенко П.С. кандидат геологічних наук, старший науковий співробітник  
лабораторії дослідження структурних змін гірських порід  
Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро  
e-mail: [pavelsp123@gmail.com](mailto:pavelsp123@gmail.com)

Будова вугленосної товщі Донбасу характеризується нерівномірним розподілом різних за величиною і генезису складчастих і розривних порушень, що ускладнюють ведення гірничих робіт. В даний час розвивається велика кількість напрямків по розробці методів прогнозу порушень. За методами досліджень отримані досягнення можна об'єднати в дві групи: технічні та геологічні.

Технічні методи засновані на вивченні фізичних властивостей порід - електричних, радіоактивних, магнітних та їх щільності, які застосовуються для виявлення малоамплітудних порушень каротажними, польовими і шахтними геофізичними роботами.

Сучасна геологія і геофізика має безліч фізичних ознак порід, які характеризують розривні порушення різної амплітуди. Для оцінки особливостей розподілу фізичних властивостей порід в зонах порушень на основі результатів прямих досліджень були обрані головні ознаки, з урахуванням яких виділено кілька.

Суть способу полягає в тім, що визначаються зони малоамплітудної порушеності на ділянках шахт та ділянках розвідки, на основі побудованої карти локальних структур для обраного вугільного пласта. Для обраного вугільного пласта на основі карти локальних структур виділяють ділянки ускладнення локальної складчастості, що виражені складчастими та розривними порушеннями різних типів амплітудою до 10 м, які виступають зонами малоамплітудної порушеності.

Даний спосіб дозволяє порівнювати параметри виділеної локальної складчастості різних пластів однієї шахти (амплітуд складок, розмірів по простяганню) або різних шахт методами парної і множинної кореляцій і виділяти прогнозні зони малоамплітудної порушеності.

В результаті виконаних досліджень і побудов, на прикладі вугільних пластів Донецько-Макіївського району, отримані наступні якісні та кількісні дані.

Відносно зон тектонічних порушень на досліджуваній площі: встановлено 24 зони, що мають переважно субширотне і субмеридиональне залягання; зазначені зони згруповані в шість блоків, що мають кілька зон, порівнянних за формою, розмірами і напрямками залягання.

Дані зони характеризуються підвищеною тріщинуватістю, наявністю малоамплітудної порушеності, підвищеної газоносності, проявом суфлярів і викидів вугілля і порід. На невідпрацьованих ділянках ці зони є прогнозними, на відпрацьованих - служать для визначення їх достовірності і значущості для конкретного інтервалу порід і конкретних ділянок поля, що досліджується.



# ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКРИТОЇ ПОРИСТОСТІ ПІСКОВИКІВ ДОНБАСУ

Антіпович Я.В.

канд. геол. наук, науковий співробітник лабораторії дослідження структурних змін гірських порід

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, м. Дніпро, Україна

E-mail: [Yana\\_Antipovich@ukr.net](mailto:Yana_Antipovich@ukr.net)

Комплекс робіт, спрямований на дослідження пористості карбонівих пісковиків Донбасу, дозволив разом з загальновідомими типами пористості (загальна, відкрита, закрита), виділити новий підтип закритої пористості – зерновий.

Зернову закриту пористість утворюють чисельні флюїдні включення в кварцових зернах пісковиків. Включення переважно газові, рідше газорідинні. Більша частина газових включень утворилася безпосередньо в умовах Донецького басейну, при катагенетичному перетворенні пісковиків. За складом газові включення представлені в основному метаном, вуглекислим газом та азотом [1].

Практичний інтерес дослідження зернової закритої пористості полягає в тому, що газові включення в кварцових зернах пісковиків Донбасу, розглядаються як додатковий фактор впливу на газодинамічні явища у вугільних шахтах. На думку вчених, які займалися дослідженням флюїдних включень в мінералах різного генезису, однією з причин газодинамічних явищ у гірничих виробках є природна декрипітація газових включень в тисячах тонн породи [1, 2]. Це пов'язано з великим тиском флюїдів у включеннях та додатковим тиском вуглепородного масиву. Присутність флюїдних включень в мінералах різних порід при зростанні температури та тиску призводить до появи внутрішнього напруження в мінералі, що провокує природну декрипітацію. Саме декрипітація флюїдних включень може виступати додатковим енергетичним джерелом викиду порід. До того ж газ в закритих порах, послаблює міцність цементу пісковиків і спільно з вільним газом у відкритих порах та тріщинах призводить до руйнування, подрібнення та виносу порід при викиді.

Інший інтерес дослідження зернової закритої пористості пов'язаний з тим, що загальна пористість, яку визначають після подрібнення зразка породи до розмірів породоутворюючих зерен, по суті не є загальною, оскільки значна кількість мікропор залишається в уламкових зернах. Дослідження показали, що розміри частинок проби пісковиків після визначення показника загальної пористості значно вищі за розміри включень, які знаходяться в уламкових зернах порід. Тобто для розкриття всього об'єму пор, породу потрібно подрібнювати до частинок мікронного розміру, або визначати об'єм закритих пор в уламкових зернах порід за розробленою методикою [3].

Об'єми зернової закритої пористості у кварцових зернах пісковиків Донбасу в середньому в 1,5-2 рази перевищують показники цементної закритої пористості (об'єм ізольованих пор в цементуючій речовині породи). Якщо показник закритої пористості, який розраховується за різницею між загальною та

відкритою пористістю, для пісковиків Донбасу в середньому складає 1-2 % то з урахуванням зернової закритої пористості він може сягати 4 % і більше.

Отримані результати мають важливе значення при дослідженні пористості порід. Відомо, що пористість є одним з показників, який враховують при прогнозуванні газодинамічних явищ та прогнозуванні колекторських властивостей порід. При встановленні показника загальної пористості пісковиків важливо врахувати той об'єм закритих пор, який знаходиться в кварцових зернах порід, у вигляді газових включень. Це дозволить отримати точніші дані та підвищити вірогідність отриманих показників.

#### Література.

1. Баранов В. А. Микронарушенность кварца песчаников Донбасса в связи с их выбросоопасностью: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геол.-мін. наук : спец. 04.00.16 "Геологія твердих горючих копалин"/ Баранов В. А. – Дніпропетровськ, 1989. – 17 с.
2. Реддер Э. Флюидные включения в минералах / Э. Реддер. – Москва: Мир, 1987. – 560 с.
3. Антіпович Я.В. Методика визначення закритої пористості в уламкових зернах порід / Я.В. Антіпович // Геотехническая механика. – 2018. – Вып. 142. - С. 67-72.

## ВІДОБРАЖЕННЯ ВАРІАЦІЙ ГЕОДИНАМІЧНОГО РЕЖИМУ ПОРОДНОГО МАСИВУ В ПОРУШЕННЯХ СТРУКТУРИ МІНЕРАЛІВ

К.г.н., с.н.с. Маметова Л.Ф.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, Дніпро

Стан будь-якого гірського масиву залежить від фізичних властивостей кожного різновиду порід, мінерали яких реагують на тиск, температуру, геохімічне середовище та інші чинники. Полікомпонентний склад кристалічних порід будь-якого походження, взаємодія між окремими мінералами, цементом, тектонічні і геохімічні умови та наступні перетворення формують їх фізичні властивості: щільність, пористість, пружність, міцність, тріщинуватість.

Тектонічний процес призводить до виникнення в гірській породі диференційованого поля напруг, тобто, характеристики цього поля в кожній конкретній точці можуть як збігатися, так і відрізнятись від сусідньої. У результаті цього, навіть на рівні шліфа, спостерігаються зони підвищених тисків, в яких можуть відбуватися грануляція, формування стилітових швів, катаклаз та інше, так і зони так званих „тіней” тиску, в які відходять легкорухомі хімічні компоненти та мінеральні асоціації [1, 2, 3]. Таким чином, унаслідок існування диференційованого поля напруг, за умов деформації породи в цілому, в певних Р-Т умовах, спостерігаються локальні ділянки або підвищених, або понижених температур і тисків [4].

Таблиця - Коефіцієнт варіації (V) поширення дугових деформацій  
кварцу пісковиків Донбасу

	$X_i$	$X - X_{\text{ср}}$	$(X - X_{\text{ср}})^2$	Коеф. Тектон. порушен, $K_d$	$K_{\text{сд}}$
	Дуги, %				
Павлоградсько-Петропавлівський	12	-22,7383	517,0318	0,11	0,024
Красноармійський	32,5	-2,23833	5,010136	0,27	0,11
Донецько-Макіївський	40,6	5,861667	34,35914	0,36	0,19
Центральний	26,33	-8,40833	70,70007	0,53	0,27
Алмазно-Мар'ївський	45	10,26167	105,3018	0,54	0,18
Краснодонський	17	-17,7383	314,6485	0,61	0,38
Луганський	35	0,261667	0,068469	0,59	0,42
Сума	208,43		1047,12		
Середнє	34,73833				

Природні деформації мінералів надзвичайно різноманітні. Нерівномірність, анізотропність поля природної напруги призводить до того, що одні частини кристалів зазнають пластичних деформацій і крихких руйнувань, а інші – пружних деформацій [5]. Їх дослідження в пісковиках карбону виявило певну закономірність у поширенні конкретних морфологічних типів пластичних мікродеформацій, які синхронізуються з багаторівневими тектонічними процесами. На регіональному рівні найпоширенішими

від нижнього до верхнього карбону і в перетині басейну з південного заходу на північний схід, виявились бьомівські смужки – виходи деформаційних площин ковзання на поверхню зерен кварцу. Встановлена циклічна зміна умов деформації з чергуванням розтягування-стискування, а на окремих ділянках – із зсувною складовою. Динамічний аналіз мікроструктур мінералів [6] показав, що при стискуванні відбувається поглинання пружної енергії, яка проявляється у вигляді теплоти розчинення. Водяні плівки адсорбовані поверхнею зерен розглядаються як каталізатори мінеральних перетворень. Розчинність прямо пропорційна хімічному потенціалу, внаслідок чого грані кристалу, які зазнають більшого тиску, будуть розчинятись швидше.

Наступні за поширенням (після бьомівських смужок) морфологічні типи – дуги і блокування відповідають доінверсійному етапу розвитку Донбасу. Для статистичної оцінки всіх виділених типів пластичних мікродеформацій структури мінералів пісковиків продуктивної товщі карбону визначався ступінь відносної зміни поширення кожного з них, який представлений коефіцієнтом варіації –  $V$  (%). Для прикладу наведемо розрахунок коефіцієнту варіації дугових мікродеформацій – таблиця.

Кореляція їх з коефіцієнтом комплексної тектонічної дислокованості відкладів макрорівня показала зв'язок в межах 55%. Зазначені типи мікродеформацій не суттєво впливають на колекторські властивості порід, особливо на початку середньої підстадії катагенезу. Період інверсії Донбасу фіксується інтенсивним поширенням ірраціонального двійникування та площин деформації. Зростання сили тиску (або напруги) зумовлює перехід двійників у площини. Порооди з цими мікродеформаціями мають невисокі значення пористості, лише комбінація їх з іншими типами сприяє тріщинуватості та руйнуванню мінералів, відповідно, виникненню зон вторинних колекторів. Дослідженнями встановлено підпорядкування та зв'язок виділених мікродеформацій з макроструктурами вищого порядку: в синкліналях перевагу мають дуги і блокування, в антикліналях - площини деформації, ірраціональні двійники. Системи мікропорушень структури мінералів, їх типи відтворюють хід деформаційних процесів, що впливають на відкриту та закрити пористість порід, на міграцію газів.

#### Література.

1. Делицин И.С. Структурообразование кварцевых пород / И.С. Делицин – М.: Наука, 1985. – 191 с.
2. Лукинов В.В. Многоэтапность тектонических преобразований углевмещающих пород Донбасса по данным петрографии / В.В. Лукинов, В.А. Баранов, Л.Ф. Маметова // Геотехническая механика, 1998. - №10.- С.51-55.
3. Маметова Л.Ф. Чинники фізичного стану гірничого масиву, визначені на мікрорівні / Л.Ф. Маметова // Геотехнічна механіка, 2006. - № 67 – С. 168-174.
4. Маметова Л.Ф. Структурні перетворення пісковиків як наслідок напруженого стану / Л.Ф. Маметова // Геотехнічна механіка, 2010. - № 85 – С. 175-180.
5. Юшкин Н.П. Регенерация деформированных кристаллов минералов (онтогенетические и кинетические аспекты) / Н.П. Юшкин, А.М. Асхабов, А.Ф. Кунц // Геохимия, минералогия, петрология М.: Наука, 1976. – С. 241-250.
6. Маметова Л.Ф. Деформації стиску і розтягу у вугільних басейнах Матеріали III міжнар.наук. конф. "Геологія горючих копалин: досягнення та перспективи" 2-5 вересня 2019 р.м. Київ, С.30-34.

## РАЗДЕЛЕНИЕ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВИБРАЦИИ

Проф. Франчук В.П.

НТУ «Днепровская политехника»

Проф. Надутый В.П.

ИГТМ им. Полякова Н.С. НАН Украины

В слое неоднородного сыпучего материала под действием вибраций происходит разделение частиц. При этом, в зависимости от параметров вибрационного воздействия на слой материала (направление, траектория движения, интенсивность вибраций) зависит как вид, так и качество, скорость послойного разделения материала. Так, при горизонтальных колебаниях более плотные частицы располагаются в нижней части слоя (отделение зерна от половы, отделение самородного золота от вмещающих пород, промывка и т.п.). При вертикальных колебаниях рабочей поверхности и упорядоченном движении материала с отрывом от рабочей поверхности (коэффициент виброперемещения  $1 > \Gamma = a\omega^2/g < 3.6$ ,  $a$ ,  $\omega$  – амплитуда, частота колебаний,  $g$  – ускорение свободного падения, высота слоя  $h_c < \frac{1}{4}L_c$ ,  $L_c$  – длина волны деформации слоя) при одинаковой плотности более крупные частицы занимают верхнюю часть слоя материала. Соответственно, более мелкие частицы занимают нижнюю часть слоя. При вертикальной вибрации слоя частиц одинаковых по крупности, но отличающихся по плотности, более тяжелые частицы размещаются в верхней части слоя.

Если предположить, что все частицы слоя имеют шарообразную форму, а в процессе отрывного от рабочей поверхности «свободного» полета испытывает сопротивление, пропорциональные площади поверхности частицы и первой степени скорости ее движения. Тогда уравнение «свободного» движения частицы в гравитационном поле будет иметь вид

$$mz(\ddot{t}) + \mu sz(\dot{t}) = -mg, \quad (1)$$

где  $m$  – масса частицы,  $\mu$  – коэффициент неупругих сопротивлений,  $s$  – площадь поверхности частицы,  $g$  – ускорение свободного падения.

Для частиц шаровидной формы, после преобразований, уравнение (1) примет вид

$$\ddot{z}(t) + \frac{3\mu}{2\gamma d} \dot{z}(t) = -g, \quad (2)$$

где  $d$  – диаметр частицы материала,  $\gamma$  – плотность материала частицы.

При вертикальных колебаниях емкости с сыпучим материалом по закону  $z_e(t) = a_b \sin(\omega t)$ , начальными условиями для уравнения (2) будут:

$$z(t_0) = a_b \sin(\omega t_0), \quad \dot{z}(t_0) = a_b \omega \cos(\omega t_0),$$

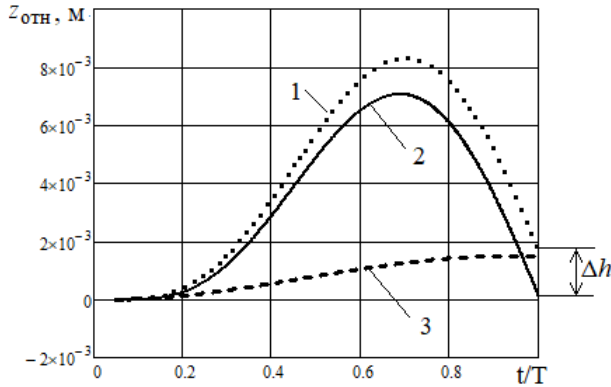
где  $a_b$ ,  $\omega$  – амплитуда и частота вынужденных колебаний,  $t_0$  – время отрыва материала.

Ввиду того, что большая по размеру (с большей плотностью) частица имеет и более высокую траекторию, она опустится на подслон из более мелких (менее плотных) частиц материала. Величина перемещения частицы большего

размера по слою материала за один цикл колебаний  $\Delta h$  определится разность траекторий частиц материала в момент встречи с рабочей поверхностью. Задача решается использованием программы Mathcad. Время встречи материала определится из решения трансцендентного уравнения

$$z(t_B) - a_B \sin(\omega t_B) = 0.$$

На рисунке представлена траектория движения крупной (кривая 1) и мелких частиц (кривая 2) относительно рабочей поверхности, т.е.



$$z_{отн} = z(t) - a_B \sin(\omega t).$$

Превышение траектории крупной частицы над мелкими представлено на графике кривой 3.

Скорость «всплывания» частиц материала определится как отношение  $\Delta h$  к продолжительности цикла колебаний  $T = 2\pi/\omega$ .

Считается, что цикл движения материала заканчивается, если более мелкий материал встречается с рабочей поверхностью. Естественно, это произойдет только в случае регулярного движения материала, т.е. когда режим виброперемещения материала не превышает 3,6 (с учетом неупругих сопротивлений – до 4 и более), толщина слоя материала меньше четверти волны его деформации.

Явление сегрегации может быть использовано при разделении однородного материала по крупности, особенно там, где не используются перфорированные поверхности, при разделении материала по плотности, в том числе и взамен гравитационных методов обогащения.

#### Литература.

1. Франчук В.П. К вопросу сегрегации материала под действием вертикальных вибраций //Иваново, ИХТИ, Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Проблемы тонкого измельчения, классификации и дозирования", – 1982 – 2 с.
2. Байдакова Н.В., Назаренко В.А. Математическое моделирование процесса вибрационной сепарации абразивного зерна по размеру частиц //Международная научно-техническая конференция "шлифабразив-2011". — 2012.. — с. 17-21.
3. Гучева Н.В., Игнатенко И.В. Моделирование поведения частицы в сыпучей среде при вибрационном воздействии //10-й международная юбилейная научно-практическая конференция «Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения» — 2017 - С. 23-25.

# КОНЦЕПЦІЯ БЕЗПЕКИ ТА ЕНЕРГОРЕСУРСОЕФЕКТИВНОСТІ НАФТОГАЗОВОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Аспірант Мацук З.М.

Державний вищий навчальний заклад

«Придніпровська державна академія будівництва і архітектури»

Підвищення рівня виробничої безпеки та енергоресурсоефективності процесів транспортування вуглеводнів (водню), зменшення ризиків виникнення та мінімізація наслідків надзвичайних ситуацій техногенного (природного) характеру, підвищення рівня безпеки газопостачання, належить до пріоритетних завдань державної системи охорони праці, цивільного захисту та відповідає фундаментальними національними інтересам нашої держави [1].

Проблема які потребують розв'язання.

Використання фізично і морально застарілих технологічних процесів та виробничого обладнання, що є джерелом підвищеної небезпеки, та застаріла нормативна база [2,3] створена за реактивним принципом (принципом «коригувальних дій»), диверсифікація напрямків транспорту вуглеводнів, скорочення обсягів їх транзиту територією України, низький рівень енергоресурсоефективності галузі [4], зумовлює необхідність реформування систем управління, в тому числі охороною праці, підприємств нафтогазової галузі та адаптації їх до умов, що склалися, вдосконалення галузевої нормативної бази, швидкого відновлення та переоснащення основних фондів, впровадження нових технологій [5].

Шляхи та способи розв'язання проблеми.

Проблема може бути розв'язана шляхом:

- забезпечення єдності принципів формування і проведення державної та галузевої політики у сфері охорони праці, виробничої, техногенної та природної безпеки;
- забезпечення нормування рівнів ризиків;
- застосування, під час ідентифікації небезпек та оцінки ризику об'єктів галузі і кількісних і якісних методів оцінки одночасно;
- нормативного забезпечення факту того, що з точки зору безпеки, об'єкти усіх систем газопостачання є елементами єдиної системи газопостачання країни;
- загальної оцінки стану безпеки об'єктів галузі;
- розроблення механізмів державного та галузевого регулювання у сфері управління ризиками галузі;
- підвищення темпів відновлення та технічного переоснащення основних фондів підприємств галузі;
- розробка, методичне забезпечення та впровадження державних стандартів прогнозування ризику від експлуатації машин, обладнання, устаткування галузі, в тому числі того, що експлуатується з дефектами;
- розробки, методичного забезпечення та впровадження державних стандартів які регламентують процедуру продовження терміну безпечної експлуатації устаткування галузі, що експлуатується з дефектами та такого ресурс якого вичерпано;

- розробка, впровадження нових технологій які забезпечують, під час виконання ремонтних (регламентних) робіт, зниження обсягів емісії у навколишнє природне середовище, або робочу зону, небезпечних (шкідливих) речовин, що транспортуються (зберігаються), або їх безпечну утилізацію, або акумулювання;

- розробка, впровадження нових технологій які забезпечують високий рівень енергоресурсоефективності процесів видобутку (виробництва), підготовки, зберігання та транспортування вуглеводні (водню).

Управління ризиками повинне здійснюватися на принципах прийнятності, превентивності, мінімізації, повноти, адресності, вибору доцільних значень, обов'язковості інформування державних органів, свободи інформації.

Галузеве нормування рівнів ризиків повинно бути гармонізованим з державним та міжнародним нормуванням.

Під час визначення рівнів прийнятних ризиків необхідно застосовувати значення ризиків, що використовуються в економічно розвинутих державах.

#### Література.

1. «Про національну безпеку України». 2469-VIII. ст.3. (2018). (Дата звернення: 14.04.2021). <<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#n37>>..
2. «Про схвалення Концепції реформування системи управління охороною праці в Україні та затвердження плану заходів щодо її реалізації». 989-2018-р (2018). (Дата звернення: 14.04.2021) .<<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/989-2018-%D1%80#Text>>..
3. «Про схвалення Концепції управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру». 37-2014-р. (Дата звернення: 14.04.2021). <<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/37-2014-%D1%80#Text>>..
4. Беліков А.С., Мацук З.М., Проців В.В. (2019) Енергоресурсний менеджмент. Гірнична механіка та автоматика. 102, 62 – 67.
5. Сафонов, В.В., Мацук, З.М., Завалій, О.Б., Лихарев, М.В. (2019). Інноваційна Україна. Протиріччя впровадження інновацій на прикладі ремонтно-відновлювальних технологій ТОВ «МОДІФІК». Журнал Технополіс, Дніпро.



## РЕЖИМ ПУСКУ ОДНОСЕКЦІЙНОГО ШАХТНОГО ЛОКОМОТИВУ ПРИ ПОВНОМУ ЗЧІПНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Професор Франчук В.П., доцент Зіборов К.А.  
НТУ «Дніпровська політехніка»

Пуск двигунів і зрушення з місця при повному навантаженні на зчірному пристрої є найбільш важким режимом роботи трансмісії і ходової частини локомотива. Адже крім тягової здатності, яка враховується при рівномірному русі локомотива, діє ще сила інерції локомотива і зчірного вантажу. Налаштування двигунів забезпечує рух локомотива без аварійного прослизання коліс по рейках. Сучасні інформаційні технології надають можливість приймати для досліджень вихідні передумови та розрахункові схеми з урахуванням конструктивних особливостей транспортних систем та визначати характеристики системи «транспортний засіб - зовнішнє середовище» для різних умов взаємодії [1, 2]. В роботі розглянуто випадок, коли односекційний локомотив з індивідуальним приводом починає рух на прямолінійній ділянці шляху при повному тяговому навантаженні і навантаженні на двигун.

Представлена динамічна розрахункова схема односекційного локомотива з індивідуальним приводом на кожен пару коліс (рис.1), що враховує вплив зчірного навантаження і особливості взаємодії колеса з рейкою [3]. Відмінною особливістю режиму є рівність нулю початкової швидкості ( $V_0$ ), параметри руху локомотива - по прямій, тягове навантаження - максимальне по тяговій здатності локомотива. Враховувалося розбіжність висоти положення зчірного пристрою осі і коліс.

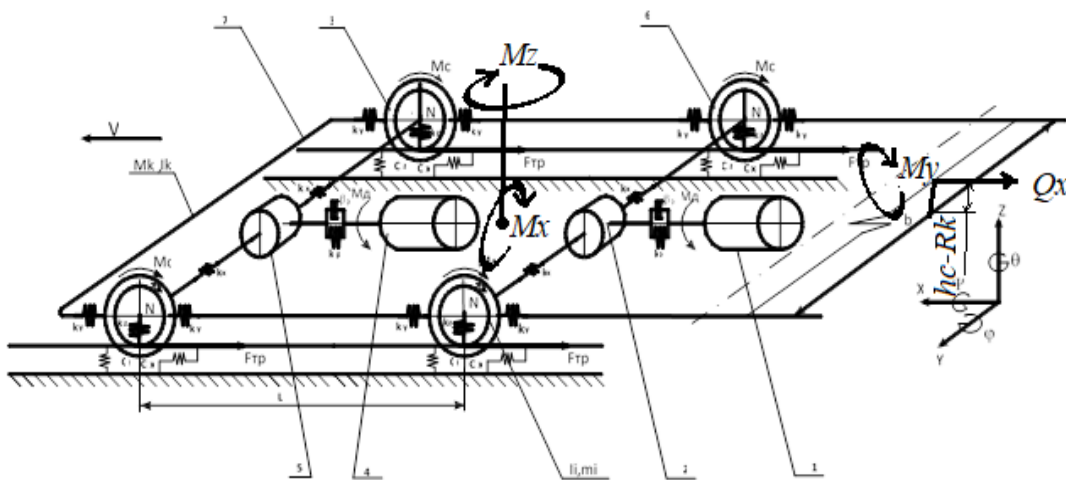
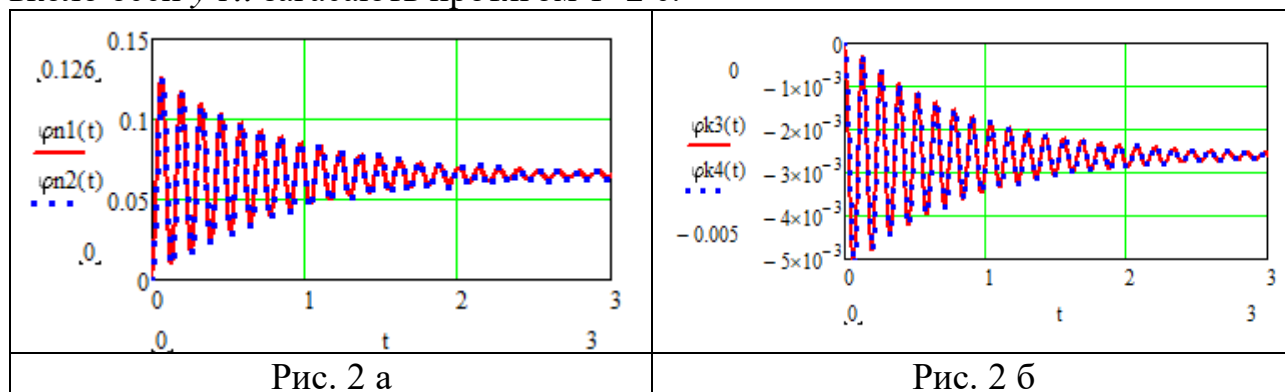


Рис. 1

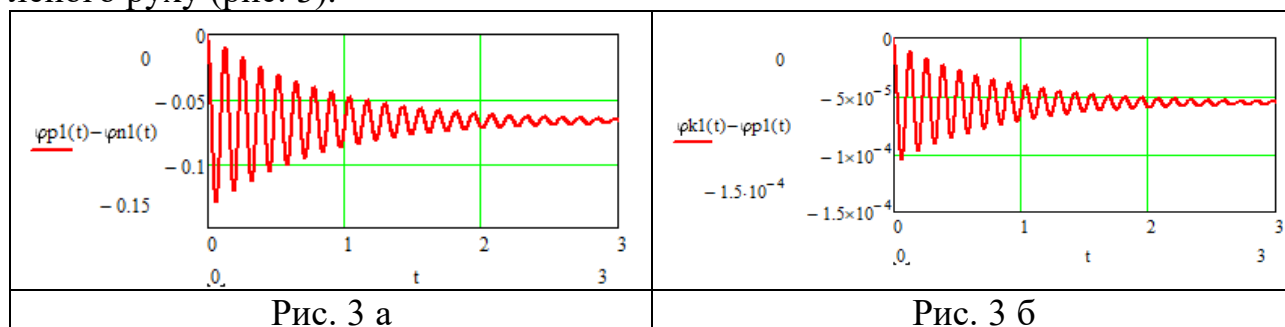
Для даної розрахункової схеми складено динамічна модель взаємодії елементів конструкції локомотива в початковий період пуску, користуючись рівнянням Лагранжа II роду. Рішення системи рівнянь виконано з використанням програми Mathcad.

Аналіз поведінки параметрів локомотива (аналогічного К4) показує (рис. 2), що в режимі пуску переміщення ротора приводу, редуктора, коліс, переміщення візка локомотива по осі  $x$  (параметри наведені до параметрів колеса)

відбуваються з частотою  $7 \div 8$  Гц і загасають в продовженні  $2 \div 3$  с. Коливання навколо осей  $y$  і  $x$  загасають протягом  $1 \div 2$  с.



У період пуску навантаження на елементи конструкції локомотиву зростають в порівнянні з навантаженнями в сталому режимі. Так, навантаження на трансмісію двигун-редуктор в режимі пуску та зрушення з місця в 1,83 рази вище, крутильні навантаження на вісь коліс в 1,84 рази вище, навантаження на підшипникові вузли в 1,79 разів вище, ніж при русі в сталому режимі. Що ж стосується поворотних коливань навколо осі  $z$  (крутильні коливання навколо вертикальної осі) то вони проявляються періодично у вигляді дрібної тремтіння в режимі усталеного руху (рис. 3).



Рішення окремого завдання визначення параметрів динамічної поведінки шахтного локомотива при режимі пуску двигунів і зрушенні його з місця дозволяє в подальшому при конкретних характеристиках динамічної моделі та умовах руху по гірничих виробітках вирішувати завдання вибору параметрів компонентів схем і пружно-дисипативних зв'язків при проектуванні приводів шахтного локомотива. Таким чином, можна також визначити максимальну тягову здатність шахтного локомотива, що дозволяє прогнозувати експлуатаційні показники взаємодії системи «транспортний засіб - зовнішнє середовище».

#### Література.

1. Гарг В.К., Дуккupati Р.В. Динамика подвижного состава: Пер. с англ. / Под ред. Н.А.Панькина. – М.: Транспорт, 1988. – 391 с.
2. Франчук, В.П. Динамическая модель шахтного локомотива, реализующего тяговое усилие в точке контакта колеса и рельса / В.П. Франчук, К.А. Зиборов // Збірник наукових праць Національного гірничого університету. – 2018. – № 53. – С. 153 – 162.
3. Франчук, В.П. Взаємодія тіл з рухомою точкою контакту [Електронний ресурс] / В.П. Франчук, К.А. Зиборов // Монографія. - М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Електрон. текст. дан. – Дніпро: НГУ, 2017. – 96 с. – Режим доступу: <http://www.nmu.org.ua>.

# ІНЕРЦІЙНО-ЕКСЦЕНТРИКОВИЙ ПРИВІД ВІБРАЦІЙНОЇ МАШИНИ

Професор Франчук В.П., доцент Анциферов О.В.

НТУ «Дніпровська політехніка»

У вібраційних технологічних машинах (млина, грохоти, живильники і т. п.) одним з основних вузлів разом з виконавчим органом є привід або віброзбудник. Нині найбільш широке використання у вібраційних технологічних машинах знаходять два типи вібраційних збудників: інерційні ненапрявлені і спрямованої дії і ексцентрик - жорсткий або з пружним елементом.

Істотним недоліком вібраційних технологічних машин з інерційним віброзбудником є те, що при необхідності збільшення амплітуди коливань виконавчого органу істотно зростає кінетостатичний момент  $m_0r$  дебалансних мас і маса віброзбудника в цілому. Для важких машин маса віброзбудника стає сумірній або навіть рівній масі виконавчого органу. Проте ці приводи знаходять застосування внаслідок простоти конструкції і зручності обслуговування.

У машинах з жорстким ексцентрик - віброзбудником, встановленим на нерухомій основі, амплітуда коливань виконавчого органу постійна і дорівнює радіусу ексцентриситету валу приводу. Але застосування такого віброзбудника призводить до значного збільшення динамічних навантажень, що передаються від машини на основу, і обмежує застосовність віброзбудників подібного типу. Віддавая перевагу приводам даних типів, розглянемо можливість застосування жорсткого ексцентрик - віброзбудника з інерційним елементом. За своїми конструктивними і динамічними характеристиками цей тип віброзбудника може знайти використання у вібраційних транспортуючих і технологічних машинах.

Розглянемо системи з інерційним і жорстким ексцентрик - віброзбудником, не пов'язаним з основою і збуджуючим коливання за рахунок інерції контрвантаж (корпусу вібратора) [1, 2]. Розрахункові схеми порівнюваних систем приведені на рис. 1. За своїми конструктивними і динамічними характеристиками віброзбудник на рис. 1, б також може знайти застосування у вібраційних транспортуючих і технологічних машинах.

Рух системи з інерційним віброзбудником (рис. 1, а) описується диференціальним рівнянням виду

$$(M_0 - m_0)\ddot{y} + cy = -m_0 (r_0\omega^2 \sin \omega t + \ddot{y}). \quad (1)$$

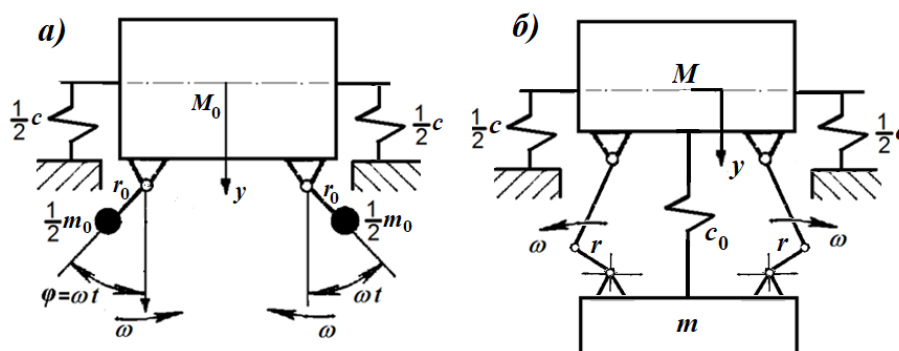


Рис. 1

Рух системи з жорстким інерційно-ексцентриковим вібровозбудником (рис. 1, б) без жорсткості  $c_0$  буде мати вид

$$M\ddot{y} + cy = -m(-r\omega^2 \sin \omega t + \ddot{y}). \quad (2)$$

Певний інтерес з точки зору зниження зусилля в приводі представляє жорсткий інерційно-ексцентриковий привід з пружним зв'язком приводу з виконавчим органом  $c_0$ . Диференціальне рівняння, що описує рух цієї вібраційної машини, має вигляд

$$M\ddot{y} + cy = -m(-r\omega^2 \sin \omega t + \ddot{y}) - c_0 r \sin \omega t. \quad (3)$$

Приймаємо рішення цих рівнянь у вигляді

$$y_i = a_i \sin(\omega t + \varphi_i), \quad i = 1, 2, 3. \quad (4)$$

Амплітудно-частотні і силові характеристики показані на рис. 2.

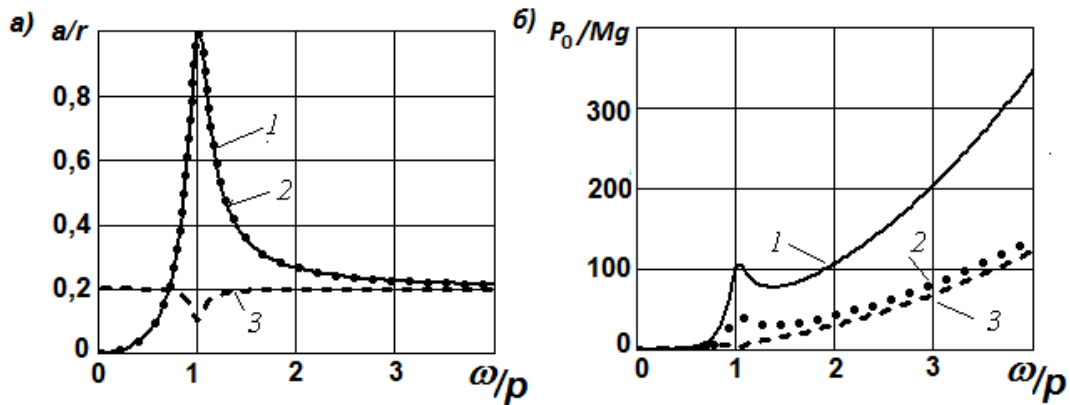


Рис. 2

Аналіз кривих показує, що амплітудні значення коливань виконавчого органу перших двох систем ідентичні. Під час переходу через резонанс амплітуда виконавчого органу зростає (рис. 2, а, криві 1, 2), а в зоні робочих частот ( $\omega/p > 3$ ), вона стабілізується і стає практично постійною. Значні переваги отримуємо при використанні жорсткого інерційно-ексцентрикового приводу з пружним елементом між приводом і виконавчим органом. Якщо жорсткість пружного елемента прийняти такій, щоб осциляторна частота приводу дорівнювала частоті власних коливань, значно спрощується перехід системи через резонанс (крива 3 на рис. 2, а). У робочому діапазоні частот стабільність амплітуди коливань така ж висока.

Амплітуди зусиль в інерційно-ексцентрикових приводах відрізняються на 15-20 % і у 1,5-2 рази нижче, ніж в інерційному приводі (рис. 2, б). Її можна понизити ще, підвищивши жорсткість пружного елемента в приводі. Але слід врахувати, що при цьому знизиться стабільність амплітуди коливань і підвищиться пусковий момент приводу.

Література.

1. Потураев В.Н. Безрамный резонансный грохот облегченного типа / В.Н. Потураев, В.П. Франчук, Е.И. Плохотнюк, П.П. Королев // Обогащение полезных ископаемых. Респ. межвед. науч.-техн. сб. – 1967. – Вып.1. – С. 101-108.
2. А.с. 588017 (СССР). Грохот / С.Ф. Деменин, В.П. Франчук, М.Н. Денисов, Г.И. Никитин, М.Я. Берлин. – Опубл. в Б.И. – 1978. – № 12.

## РОЗРАХУНОК ВІБРОУДАРНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВІБРАЦІЙНОГО МЛИНА

Доцент Анциферов О.В., бакалавр Борисенко К.В.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Конструктивно помольна камера вертикального вібраційного млина коливається вздовж своєї осі, що орієнтована вертикально. Основною перевагою таких млинів є можливість реалізації в них віброударного режиму подрібнення. Таким чином відбувається ефективно руйнування крихких матеріалів, а в деяких випадках і їх активація. Метою даної роботи є розробка інженерної методики розрахунку технологічних параметрів системи помольних камера – молотильні тіла, при яких реалізується віброударний режим подрібнення. При цьому пропонується підхід з використанням теорії віброударних систем [1].

Обґрунтування даного підходу впливає з роботи [2]. Як показали експериментальні дані співудар кульового завантаження з днищем і, відповідно, з кришкою камери не можна вважати абсолютно непружним. Досліди з вивчення взаємодії кулі об сталеву плиту через шар порошку різної товщини приводили до руйнування матеріалу і відскоку кулі.

Введемо наступні припущення. Технологічне завантаження приймаємо одичної масою. Часом удару нехтуємо. Ударна взаємодія із завантаженням описується різними значеннями коефіцієнтів відновлення швидкості у днища  $R_d$  і у кришки  $R_k$  камери.

Розрахункова схема представлена на рисунку 1. Камера  $K$  рухається за гармонійним законом з амплітудою коливань  $a$  і частотою  $\omega$ , який не залежить від взаємодії із завантаженням  $Z$ . Координати камери і маси  $Y$  та  $y$  відповідно. Відлік ведемо від середнього положення камери. Початок відліку часу приймаємо в точці  $0$ , в момент зіткнення завантаження з днищем камери. Зазор між завантаженням і кришкою камери в статичному положенні  $2S$ .

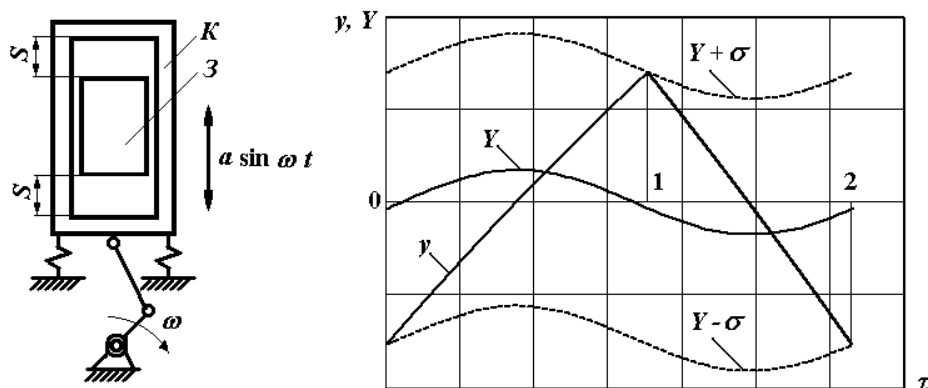


Рис. 1

Задачу вирішуємо в безрозмірних величинах [1]

$$y = \frac{\omega^2}{g} y^*, Y = \frac{\omega^2}{g} Y^*, \Gamma = \frac{a\omega^2}{g}, \tau = \omega t, \sigma = \frac{\omega^2}{g} S^*.$$

Зірочки при величинах показують те, що вони розмірні. Таким чином, рівняння руху камери і завантаження мають вид

$$Y = \Gamma \sin(\tau + \varphi), \quad y = -\frac{1}{2} \tau^2 + C_{1\pm} \tau + C_{2\pm}.$$

де  $\varphi$  – фазовий кут зіткнення маси з днищем камери.

Знаки плюс і мінус відповідають руху завантаження вгору і вниз. Швидкості удару о днище чи кришку камери зазначимо  $u$ , а швидкості відскоку  $v$ . Їх співвідношення визначаємо з рівняння удару [1]. Приймаємо в точці 0 швидкість відскоку  $v_0$ . Послідовно визначаємо швидкості до і після удару в точках 1 і 2. Із закону періодичності руху з періодом  $2\pi$  швидкість відскоку в точці 2  $v_2 = v_0$ . З отриманих виразів визначаємо швидкість співудару з днищем камери  $u_{уд}$  як суму швидкостей камери і завантаження, а також відповідний для неї технологічний проміжок.

**Приклад розрахунку.** Розглянемо один період руху камери і маси при наступних параметрах:  $R_d = 0,35$ ;  $R_k = 0,6$ ;  $\Gamma = 7$ . Значення коефіцієнтів відновлення швидкості взяті з [2]. Для різних значень фазового кута  $\varphi$  і заданого значення  $\sigma$  визначалися максимальні значення  $u_{уд}$ , що відповідні точці 2 (рисунок 1).

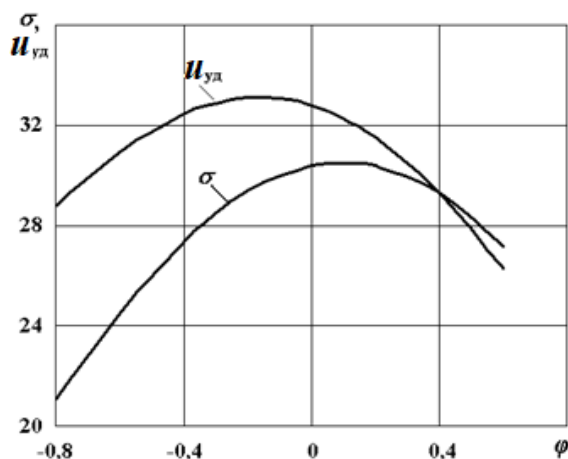


Рис. 2

Дані розрахунків представлені на рисунку 2. Крива  $u_{уд}$  має екстремальний характер. За її максимумом повинен підбиратися параметр  $\sigma$ .

Представлена методика розрахунку технологічних параметрів режиму подрібнення має оцінний характер з урахуванням прийнятих нами припущень. Уточнення її потребують на першому етапі урахування впливу ваги завантаження.

#### Література.

- 1 Кобринский А.Е., Кобринский А.А. Виброударные системы. – Москва, 1973. – 592 с.
2. Анциферов А.В., Комарова И.В. Экспериментальное исследование соударения тел через слой порошкового материала // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Зб. наук. праць. – Харків: НТУ "ХПІ", 2010. – № 66. – С.58 - 63.

# ПОСТРОЕНИЕ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛОСНИКОВОГО ПЕРЕГРУЖАТЕЛЯ ПК-3

Аспирант Волков В.В.

(Научные руководители проф. Франчук В.П., проф. Заболотный К.С.)

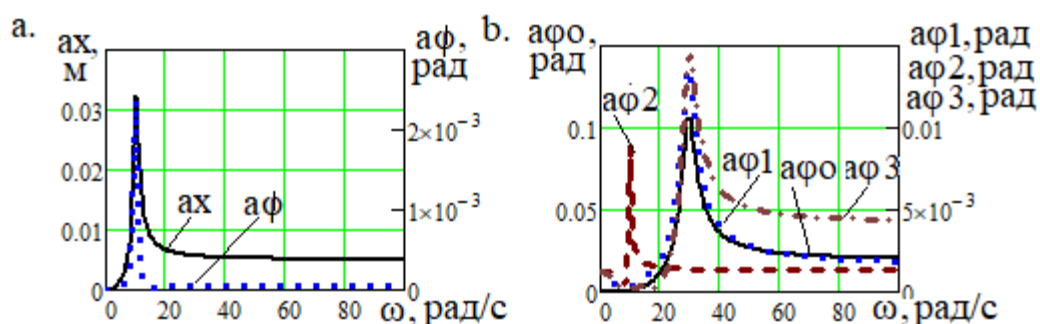
НТУ «Днепровская политехника»

Колосниковый перегружатель ПК-3 состоит из трех колосников, установленных на упругие опоры и связанные между собой эксцентриковым валом. Эксцентриситеты участков вала, связанные подшипниками с соседними колосниками, смещены на  $180^\circ$ . Масса среднего колосника равна массе двух крайних, жесткость упругих опор двух крайних колосников равны между собой и в сумме равны жесткости опор среднего колосника. Благодаря этому перегружатель становится полностью уравновешенным, при его работе динамические нагрузки на основание не передаются. Особенностью колосникового перегружателя с эксцентриковым приводом, в отличие от перегружателей и питателей с инерционным приводом в том, что режим его работы не изменяется даже при значительной технологической перегрузке.

Эксцентриковый привод расположен у загрузочного конца колосников, поэтому можно отдельно рассматривать их движение вдоль колосников и в поперечном направлении. Используя уравнение Лагранжа II рода, получим два дифференциальных уравнения движения колосников в продольном, и пять уравнений – в поперечном направлении.

Решение уравнений производим, пользуясь программным продуктом Mathcad. Отличительной особенностью расчета этого расчета является учет неупругих сопротивлений в виде мнимой части комплексного модуля упругости упругих связей (аналог гипотезы Бокка-Шлиппе) и, учитывая линейность системы, вторая производная перемещения принимается как

$$\ddot{x}(t) = -\omega^2 x(t), \quad \ddot{\phi}(t) = -\omega^2 \phi(t), \quad \dots$$



В результате получаем решение в виде графиков зависимости амплитуд элементов конструкции от частоты вынужденных колебаний  $\omega$  (в данном случае амплитуды перемещений  $ax$  и поворота оси  $a\phi$  привода перегружателя в продольном направлении, рис. а, и поворотных колебаний колосников 1, 2, 3 и оси вала  $a\phi_o$  в нормальном к поверхности направлении, рис. б) с отклонением от идеального соотношения параметров элементов конструкции. Амплитуды вынужденных колебаний, в этих расчетах принимаются как модуль комплексного числа соответствующего параметра.

## КОМПЛЕКС ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ БУТОВИХ ВІДХОДІВ КАМЕНЕОБРОБКИ

Д.т.н., професор Бондаренко А.О.  
НТУ «Дніпровська політехніка»

Розроблені технологічні рішення з накопичення й переробки побутових відходів каменеобробної промисловості з отриманням товарного продукту, що має комерційну цінність.

Застосовані технологічні рішення окремого транспортування, складування й двостадійної переробки побутових відходів каменеобробки відповідно до їх первинної крупності [1].

Обґрунтована технологічна доцільність двоступеневої переробки великогабаритних побутових відходів та середньої й дрібної кам'яної обрізі з їх попередньою доставкою спеціалізованими автосамоскидами, обладнаними грейферними пелюстковими ковшами та самоскидними посиленними кузовами й окремим складуванням, відповідно крупності, до тимчасових складів-буртів, відокремлених робочими площадками [1]. Описана технологія першої стадії переробки великогабаритних побутових відходів шляхом застосування гідравлічних екскаваторів з навісним обладнанням гідравлічних молотів. Друга й основна стадія переробки полягає в подрібненні побутової сировини з використанням дробильного устаткування на мобільному шасі й складуванням фракціонованої товарної продукції до тимчасових окремих конусних складів з подальшим перевантаженням до складів готової щебеневої продукції для тривалого зберігання й відвантаження замовникам. Запропоновані варіанти доступного на ринку технологічного й дробильно-сортувального обладнання. Розрахована собівартість застосування прийнятих варіантів обладнання при виконанні окремих видів робіт з транспортування, перевантаження, дроблення й сортування гірничої маси [1].

Уперше розроблена технологія складування й двостадійної послідовної переробки техногенних побутових відходів каменеобробки з отриманням товарного продукту у вигляді щебеню та штучного піску [1].

Виконані дослідні роботи з обґрунтування й вибору технологічного й дробильно-сортувального обладнання та організації його двостадійного застосування для переробки техногенних побутових відходів з продуктивністю за вихідною сировиною 20 тис. м<sup>3</sup>/рік.

### Література.

1. Концептуальні технологічні рішення майданчика для збирання та первинної переробки відходів підприємств каменеобробної промисловості в Коростишівському районі Житомирської області: НДР / Науковий керівник А.О.Бондаренко. – Дніпро, 2018. – 209 с.



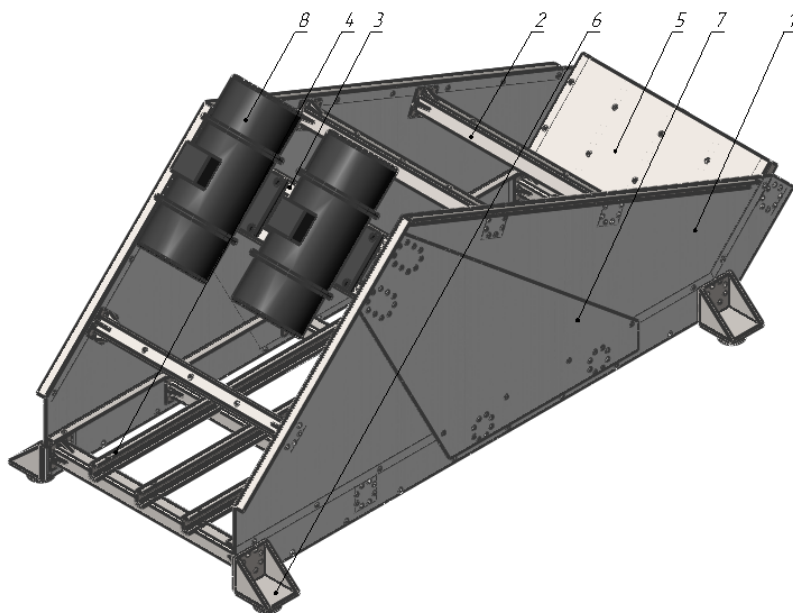
## ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГРОХОТУ ГЗВ 0,6x1,7

Д.т.н., професор Бондаренко А.О., бакалавр Шмігон К.М.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Грохот ГЗВ 0,6x1,7 (рисунок) – це пристрій для розділення сипкого матеріалу за крупністю та його зневоднення. Процес класифікації і зневоднення зернистих матеріалів в даній конструкції відбувається при майже горизонтальному розташуванні сита та вібрації з направленими коливаннями які утворюються двома вібраторами, дебаланси яких обертаються зустрічно.

Перевагами грохотів типу ГЗВ (грохот зневоднювальний високочастотний) є висока ефективність зневоднення та висока продуктивність при відносно простій конструкції. В грохоті може бути реалізований широкий спектр параметрів частоти коливань та амплітуди, відповідно до параметрів вібраторів. Так як сито на грохоті ГЗВ 0,6x1,7 розташоване горизонтально то звичайної кругової вібрації буде недостатньо для збудження руху матеріалу по ситі. Принцип дії грохотів типу ГЗВ полягає у лінійно скерованому похилому напрямку дії рушійної сили викликаній обертанням дебалансів. Кріплення та розташування валів дебалансів спонукає зернистий матеріал рухатися не вниз та вгору, а в потрібному напрямку невеликими перескоками.



Модель грохоту ГЗВ 0,6x1,7

Грохот ГЗВ 0,6x1,7 (рисунок) складається: боковина 1, на якій болтовим з'єднанням закріплюються поперечні балки 2 в нижній частині грохота їх кількість становить 5 шт., у верхній частині для утворення каркасу установлені ще 3 шт.; поперечні малки приводу 3 встановлюються на боковинах 1 та призначені для закріплення вібраторів 8; підсит-

ники 4 які закріплюють на поперечних балках 2, призначені для встановлення сита; відбійник 5 встановлюють під кутом 45° для приймання потоку матеріалу; боковини 2 укріплюють листом 7 для кращої передачі вібрації на корпус; опори 6 призначені для встановлення грохоту на пружини.

В роботі виконана розробка твердотільної моделі SolidWorks, розраховані технологічні та конструктивні параметри грохоту, обґрунтовані параметри приводу.

# ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ОПОРУ ПЕРЕМІЩЕННЮ ЩІТКОВОГО ОЧИСНИКА ПО СІТЧАСТОМУ ФІЛЬТРОЕЛЕМЕНТУ

Доцент Кухар В.Ю., аспірантка Норенко Д.Д.

Фільтри для технічної води з сітчастим фільтроелементом є ефективним обладнанням першого етапу водопідготовки на підприємствах важкої індустрії. Приклад щіткового фільтру для технічної води фільтр ФРУ-190-2 [1]. ФРУ-190-2 має два фільтрувальних блоки з циліндричними сітчастими фільтроелементами (ФЕ) й щітковими очисниками. Для того, щоб щітка щіткового очисника виконувала свої функції видалення забруднення з поверхні сітки і при цьому не втрачала свою геометричну форму, при проектуванні щітки необхідно знати: матеріал, діаметр і механічні властивості матеріалу проволочки щетинок, довжину консолі й кількість щетинок у пучку щітки, зусилля в щітці при її русі по сітці ФЕ.

Розрахунок щіткового очищення передбачує визначення геометричних параметрів і зусилля опору його переміщенню при русі по сітці ФЕ. Для обґрунтованого проектування щіткового очисника сітчастого фільтру технічної води поставлені такі задачі:

- Теоретичний розрахунок опору тертя щіткового очисника по сітчастому фільтроелементу.
- Експериментальне визначення жорсткості однієї щетинки щіткового очисника.
- Експериментальне дослідження опору переміщення щіткового очисника по сітчастому фільтроелементу.

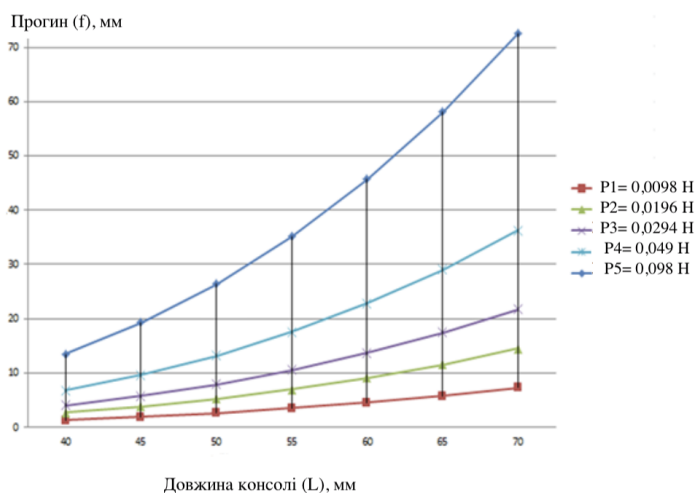


Рис. 1

довжини. Та отримуємо графік залежності зусилля на щітці від прогину її щетинок (рис. 1).

З конструкції фільтру ФРУ-190-2 відомими значеннями є довжина щетинки щітки, діаметр щетинки, сила діюча на консольно закріплену щетинку, модуль Юнга матеріалу щетинки. За допомогою розрахунків формулами опору матеріалів розраховуємо жорсткість проволочки та залежність прогину консолі проволочки з різним вигинаючим навантаженням від її

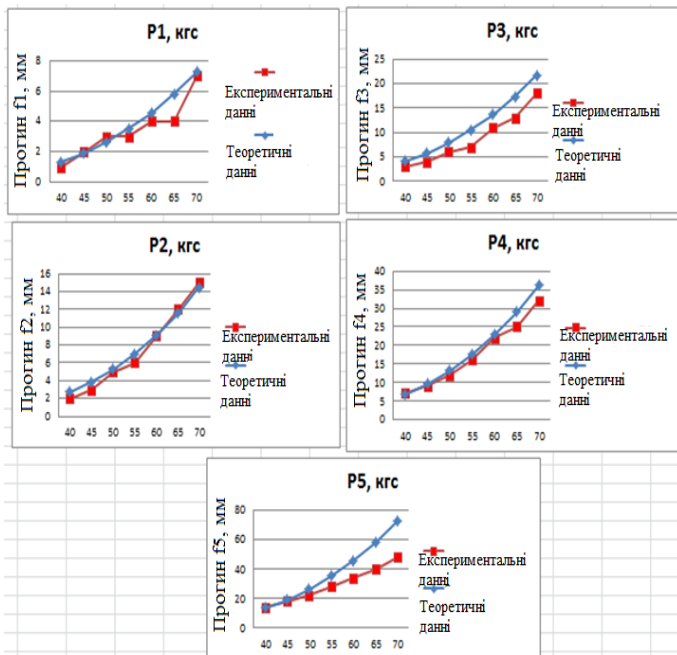


Рис. 2

Вірність теоретичних досліджень підтвердив експериментом. Для його проведення була побудована експериментальна установка, складена зі столу, проволочки, вантажі 1 г, 2 г, 3 г, 5 г, 10 г, лінійки, клею, міліметрівки. Отримані числові значення заносимо у таблицю, будуємо графіки результатів теоретичних і експериментальних досліджень (рис. 2).

Допустимо, що щетинки в щітці працюють як набір окремих щетинок. Для підтвердження цього допущення, проведемо експериментальний дослід.

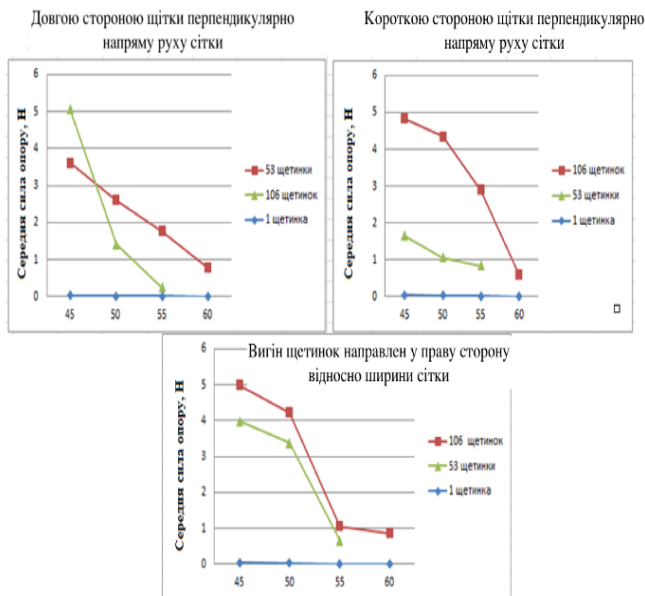


Рис. 3

Для виконання експерименту була створена експериментальна установка. Даними отриманими в продовж експерименту визначимо зусилля, які створює щітка в різних режимах роботи (довжина й орієнтація відносно сітки), виявимо й побудуємо графіки зусилля, які створює одна щетинка (рис. 3). Добуток зусиль однієї щетинки на кількість щетинок у пучку дає значення зусиль рівне зусиллю всього пучка проволочок. Експериментально доведено, що щетинки в щітці працюють при русі по сітці, як набір окремих, незалежних щетинок.

#### Література.

1. <http://www.oceanmas.dp.ua/others/fru.html>

## **ПЕРЕРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ТИПА ПОЛИМЕР - МЕТАЛЛ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХЛАДАГЕНТА**

Доцент Федоскина Е В.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Изделия с сочетанием полимерной и металлической составляющих имеют широкое применение в промышленности. К ним относится кабельная продукция, шланги высокого давления, металлопластиковые трубы, полимерные детали с закладными металлическими элементами и др.

При утилизации таких изделий основная сложность, с которой сталкиваются переработчики, это отделение изоляционного материала от металла (сталь, алюминий, медь). При существующих технологиях в процессе измельчения происходит одновременно разрушение до мелких фракций как полимерного покрытия, так и металлического элемента, что приводит к увеличению потребляемой мощности измельчителя, а также затрудняет дальнейшее разделение необходимых компонентов.

Этот недостаток может быть устранён посредством применения вибрационной щёковой дробилки с наклонной камерой дробления [1]. Возможность использования в ней хладагента в сочетании с высокочастотным ударным приложением дозированной нагрузки к изделию позволяет разрушать полимерную составляющую без разрушения металлического элемента.

Значительный эффект получается при переработке изделий с многослойным полимерным покрытием, в частности, кабельной продукции.

Такая технологическая линия [2] содержит ряд последовательно расположенных и соединенных между собой модулей, каждый из которых имеет охладительную камеру, вибрационную щековую дробилку с наклонной камерой дробления, приемное и разгрузочное устройство. Количество модулей соответствует количеству слоёв полимерного покрытия.

Исходя из физико-механических свойств материала слоёв или на основании теоретических и экспериментальных исследований, определяют и задают рациональные параметры охлаждения и силового воздействия для каждого из слоёв. Согласно полученным данным настраивается оборудование модуля каждой стадии снятия отдельного слоя материала (время и температура охлаждения, частота колебаний щеки, количество ударов и др.). При прохождении исходным материалом технологической линии в каждом из модулей осуществляется дробление соответствующего слоя материала, разгружаемого в расположенные под дробилками контейнеры. Такой поэтапный способ отделения изоляционного покрытия от металла при переработке многослойных материалов устраняет смешивание дробленого материала с различными физико-механическими свойствами, повышает скорость охлаждения материала, снижает расход хладагента и удешевляет процесс переработки.

### Література.

1. Федоскіна О.В. Динаміка віброударного подрібнювача з похилою робочою камерою: Автореф. дис. канд. техн. наук –Дніпро, 2018. – 19 с.
2. Патент на винахід. №114513 В02С1/02;Н01В15/00 Спосіб і технологічна лінія для відділення ізоляційного покриття від металу. / В.П. Франчук, О.В. Федоскіна; заявл. і патентовл. Державний ВНЗ «НГУ» - а201414073; заявл. 29.12.2014; опубл.26.06.2017, Бюл. №12.

## УСТАНОВКА ДЛЯ АБРАЗИВНОЙ ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ

Доцент Федоскин В.А., доцент Федоскина Е.В. ассистент Ерисов Н.Н.,  
ассистент Корниленко К.И.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Для очистки поверхности деталей автомобиля от прочных загрязнений (нагар, накипь, масляные и лаковые отложения) широко применяют метод обдува поверхности с использованием аппарата пескоструйного типа.

Важнейшими факторами в достижении требуемых характеристик очищаемой поверхности и эффективности ведения процесса являются размер, твёрдость и форма абразивных частиц.

Материалы, применяемые для очистки (кварцевый песок, пластиковая абразивная дробь, стеклянный абразив, электрокорунд, чугунная и стальная дробь и др.) значительно отличаются по своим прочностным характеристикам.

При подготовке сравнительно мягких материалов целесообразно применять валковые дробилки. Дробление чугунной и стальной дроби связано со сложностями, проявляющимися в виде значительного износа валков и наличия нескольких стадий технологического процесса. Кроме этого скол частиц имеет заоваленную форму.

Перспективным представляется использование вибрационной щёковой дробилки с наклонной камерой дробления [1] в качестве базовой машины установки для подготовки колотой дроби. Проведенные лабораторные исследования по дроблению крепких материалов [2] показали улучшенное качество скола и снижение трещиноватости в готовых гранулах по сравнению с дроблёным продуктом валковой дробилки.

Установка для подготовки абразивного материала включает вибрационный питатель, виброщёковую дробилку с наклонной камерой дробления, грохот, накопительные бункера, абразивоструйную камеру.

Вибрационный питатель связан с бункером исходного материала и обеспечивает равномерное питание дробилке. Виброгрохот выполнен с полимерной рабочей поверхностью сложного профиля для снижения абразивного износа.

### Литература.

1. Федоскіна О.В. Динаміка віброударного подрібнювача з похилою робочою камерою: Автореф. дис. канд. техн. наук –Дніпро, 2018. – 19 с.
2. Франчук В.П. Перспективы применения вибрационных щековых дробилок для измельчения ферроматериалов / В.П. Франчук, В.А. Федоскин, В.В. Плахотник // Обогащение полезных ископаемых: Научн.- техн. сб. –Д.,1990. – Вып.40. С. 3 – 6.

# ИСПЫТАНИЕ ГИБРИДНОГО АВТОМОБИЛЯ В ГОРОДСКОМ ЦИКЛЕ

Доцент Федоскин В.А., ассистенты Ерисов Н.Н., Корниленко К.И.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Преподаватели Черныш А.С., Дрожаков К.В.

Днепропетровский транспортно-экономический колледж

В качестве базовой модели гибридного автомобиля была принята модель ЗАЗ «Сенс» в которую были внесены ряд изменений. Изменена конструкция задней балки с целью установки на ней мотор – колёс суммарной мощностью 14 кВт. Переоборудовано багажное отделение под размещение аппаратуры для измерения расхода топлива и анализа выхлопных газов автомобиля, а также установка элементов питания (4 аккумулятора Bosch S4 12В 60Ач) электрического привода. Дополнительная масса привела к уменьшению клиренса, что потребовало переделки опор пружин задней подвески. Исходя из соображений компактности, надёжности, объединения основных дисковых и стояночного тормозов, была принята система



фирмы «Bosh», задние суппорта автомобиля Opel Astra.

Рис. 1. - План размещения маршрута в транспортной системе г. Днепр

Испытание автомобиля проходили на трассе (Рис. 1), которая включает 2 горизонтальных участка, спуск, подъём, повороты, светофоры.

На каждый участок дороги составлена (Рис.2) техническая характеристика: длина, ширина проезжей части, количество полос, угол наклона, радиус поворота, качество полотна, наличие препятствий

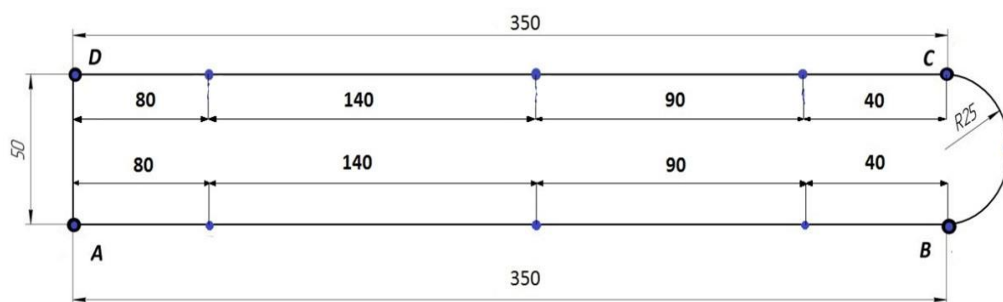


Рис. 2 - Схема маршрута с контрольными точками

В процессе испытаний фиксировалось: время прохождения и расход топлива на каждом участке, положение автомобиля на маршруте, положение дроссельной заслонки, ток и напряжение электропривода.

Испытания позволили определить преимущества эксплуатации гибридного автомобиля по «смешанной» схеме работы электропривода. По сравнению с базовой моделью экономия топлива наблюдалась на каждом участке дороги в пределах 15...20 %.

## РОЗВИТОК SOFT SKILLS ЯК МЕТОД НАВЧАННЯ

Аспірант Норенко Д.Д., студентка Маньковська К.О.

НТУ «Дніпровська політехніка»

«Soft skills» — соціологічний термін, який відноситься до емоційного інтелекту людини, свого роду перелік особистих характеристик, які так або інакше пов'язані з ефективною взаємодією з іншими людьми.

Основна задача роботи полягає у тому, щоб за допомогою інтелектуальної гри «Брейн-ринг» проаналізувати вплив Soft Skills, як метода навчання.

Інтелектуальна гра «Брейн-ринг» будується на основі проекту, щотижня тема різна. На останній проект тема – «Промисловий дизайн». Мета цієї гри - на основі розробки проекту показати головну роль інженера- проектувальника в створенні нових проектів, зацікавити майбутньою спеціальністю.

Студенти розробляють обґрунтування майбутнього проекту, вивчаються всі стадії життєвого циклу - від розробки концепції до його матеріалізації і експлуатації. Також, обговорюють питання, що пов'язані з безпекою, екологією і з підбором кадрів. Перед командою проектувальників ставиться завдання представити проект групі експертів (це друга команда), відповісти на їх питання. Експерти представляють інтереси компаній, які інвестують проект.

На рисунку 1 показано одну із ігор, де представлені дві команди та член журі. Студенти попередньо готуються, збирають інформацію, розподіляють ролі, тренуються. Журі бою складається з аспіранта і двох доцентів, які визначають переможця в кінці бою. Модератор - аспірант кафедри Дарина Норенко.



Рис. 1

**Висновок:** у роботі було проаналізовано поняття «Soft skills» на прикладі інтелектуальної гри «Брейн-ринг». Отже, ця гра розвиває такі навички як: вміння спілкуватися; залученість до спільної справи; гнучкість/ адаптивність; продуктивність (ефективність); вміння спостерігати, слухати, аналізувати.

### Література

1. Soft skills: чому ці навички важливі сьогодні? [Електронний ресурс] : Режим доступу: <https://jobs.innovacs.com/uk/blog/soft-skills-vazhlyvi-syogodni/> - Назва з титул. екрана.
2. М'які навички [Електронний ресурс] : Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/М%27які\\_навички](https://uk.wikipedia.org/wiki/М%27які_навички) - Назва з титул. екрана.

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ Й ПРОЕКТУВАННЯ РОМБОВИДНОГО ДОМКРАТУ

Аспірантка Норенко Д.Д., студент Демченко Н.Ю.  
НТУ «Дніпровська політехніка»

Домкрат - це стаціонарний, переносний або пересувний механізм для підйому вантажу, який спирається на нього. Домкрати бувають рейкові, гвинтові, гідравлічні, підкатні і пневматичні.

Одним із видів гвинтових домкратів є автомобільний симетричний ромбовидний домкрат. Симетричний ромбовидний домкрат (СРД) складається з одного довгого гвинта, опори, основа, ручка та чотири важеля (верхні й нижні) симетрично розміщені по відношенню один одного. Важелі рухомо скріплені між собою й складають гвинтову пару. СРД діє по принципу механіки та працює при обертанні гвинтового механізму. Стискання та розтискання домкрата залежить від напрямку обертання гвинта. Завдяки гвинтовому механізму домкрата чотири важеля рухаються рівномірно, саме тому відбувається переміщення верхньої частини домкрата та вантажу.

СРД використовується для змінення колісної пари машин з масою до 2-х тон. В такому домкраті використовується трапецеподібна різьба оскільки метрична не підходить для таких навантажень. Завдяки трапецеподібній різьбі домкрат не потребує в додатковій фіксації висоти. Діаметр і крок різьби гвинта залежить від можливих навантажень на домкрат.

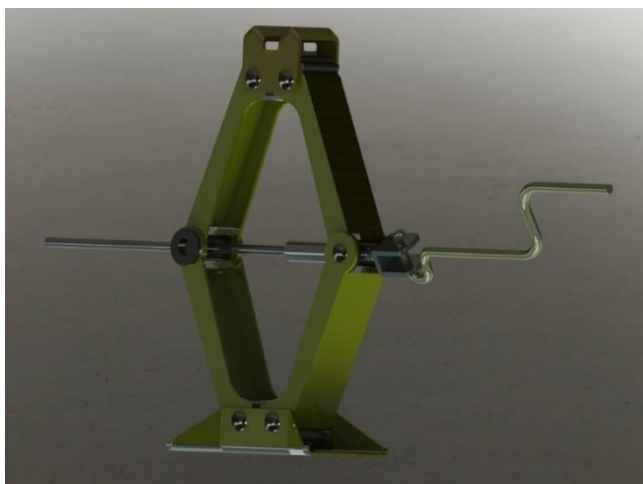


Рис. 1

Для виконання конструкторської документації СРД було вирішено розробити 3Д модель домкрата в SOLIDWORKS. З реальної фізичної моделі СРД за допомогою штангель циркулю та лінійки були зняті розміри деталей і виконані ескізи на міліметровці. Завдяки інструментам «бобишка-витянути», «виріз-витянути», «оболочка», «округлення», «бобишка по траєкторії» були створені унікальні деталі домкрату. З деталей виконаних у програмному забезпеченні SOLIDWORKS створена

збірка СРД (рис. 1) й перевірена на інтерферентність.

### Література.

1. Теорія механізмів технологічних машин / Попов С. В., Бучинський М. Я., Гнітько С. М., Чернявський А. М. - Харків: НТМТ, 2019. - 268 с.



# БРЕЙН-РИНГИ – МЕТОД ГЕЙМІФІКАЦІЇ У НАВЧАННІ СТУДЕНТІВ

Доцент Панченко О.В., студентка Захарова Д.Р.

НТУ «Дніпровська політехніка»

Гейміфікація – це використання ігрових практик та механізмів у неігровому контексті для залучення користувачів до вирішення проблем. Навчання на основі гри мотивує учнів тривалий час виконувати певні операції, сприяє пізнавальній активності та гарному засвоєнню інформації. На лекціях з предмету «Основи комп'ютерного інжинірингу» (ОКІ), застосовується гра «Брейн-ринг», як метод гейміфікації.



Рис 1

Брейн-ринг – це інтелектуальна гра між двома командами. В основі даного способу навчання лежить система заохочень, за перемогу в змаганні студенти отримують солодкий подарунок.

Процес проведення боїв (рис 1):

1. Група ділиться на дві команди й отримує тему проекту. Вона може бути, як загальна так і конкретизована. Зокрема, під час занять ОКІ у групі 133-20-1 проводилися бої на такі теми як: «Видобуток нафти з бітумінозних пісків», «Виробництво автомобілю Ferrari 599 GTB Fiorano», «Будівництво тунелю під Ла-Маншем» та 29 квітня відбудеться змагання на тему «Промисловий дизайн».

2. Кожному гравцеві виділяється окрема роль. Основні з них – це директор, економіст, технолог, механік, еколог, конструктор та інженер з техніки безпеки. Залежно від потреб, в грі можуть додаватись й інші ролі.

3. Розробка проекту. На цей етап відводиться 2 тижні. За цей час студенти шукають та систематизують інформацію, вирішують технічне завдання, за потреби створюють комп'ютерну модель механізмів та деталей, розроблюють бізнес-план, техніку безпеки, презентацію та інше.

4. Командам надається куратор, котрий дає настанови, щодо напрямку роботи. У команд групи 133-20-1 куратором була аспірант Норенко Дарина Дмитрівна. Зустрічі з куратором та проведення попереднього захисту проектів допомагають студентам визначити слабкі та сильні сторони своїх робіт, аби скорегувати все перед остаточним боєм.

5. Презентація проекту відбувається через два тижні, після початку роботи та проводиться перед інвесторами. В ролі інвесторів виступає протилежна команда, а також члени журі. Також під час захистів присутня група підтримки, у вигляді учнів інших курсів, або членів групи, які не задіяні в проекті. Зокрема в складі журі, за час проведення бої встигли побувати: професор Заболотний Костянтин Сергійович, доцент Кухар Віктор Юрійович, доцент Ганкевич Валентин Феодосійович, доцент Москальова Тетяна Віталіївна, студент групи 133-17-1

Бондар Денис Олександрович, а секретарем була аспірант Норенко Дарина Дмитрівна.

6. Після представлення презентації інвестора задають блок запитань, на які команда зобов'язана відповісти. Питання бувають як загальні, так і для кожного учасника окремо, залежно від його ролі.

7. Після захисту обох команд, члени журі визначають переможців. За перше місце дістається великий торт, а за друге маленький. В разі неможливості прийняття рішення перемагає дружба.

Завдяки грі «Брейн-ринг» студенти отримують практичні навички Soft-skill. Розвивається креативність, лідерські якості, співпраця, фінансова грамотність, вміння пошуку та аналізу інформації. Також студенти дізнаються про весь життєвий цикл продукту й можуть відчутти на собі кожен етап реалізації об'єкту від ідеї, до інвестора, побувавши в ролі кожної галузі в цьому процесі. Це їм допоможе під час майбутньої роботи на підприємстві та у житті.

Крім того дана методика націлена на розвиток відповідальності, тайм менеджмент та менторінгу, під час якого куратор ділиться своїми знаннями зі студентами. А захист проектів на публіці розвивають критичне мислення, ораторські, комунікаційні навички та вміння переконувати.

Тому застосування брейн-рингів в навчанні студентів є прогресивною та ефективною технологією, що допомагає налагодити зв'язок з сучасною молоддю, мотивує їх на навчання, шляхом стимулювання винагородою за перемогу в змаганні.

#### Література.

1. Бій «Видобуток нафти з бітумінозних пісків» [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://youtu.be/KYWVYaxMYiw>
2. Бій «Виробництво автомобілю Ferrari 599 GTB Fiorano» [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://youtu.be/YI7IBsMcguU>
3. Бій «Виробництво автомобілю Ferrari 599 GTB Fiorano» [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://youtu.be/7FsmhNZENMg>

## РЕІНЖИНІРИНГ РУЧНОЇ ЛЕБІДКИ

Доцент Полушина М.В., студентка Захарова Д.Р.  
НТУ «Дніпровська політехніка»

Задачі роботи: дослідити конструкцію ручної лебідки з гальмом, принцип роботи, розробити її аналог та оцінити можливості конструкції.

Ручна лебідка – універсальний простий механізм, головне призначення якого – підйом, опускання, переміщення й утримання невеликих вантажів.

В якості аналогу прийнята ручна лебідка виробництва компанії DUTTON-LAINSON COMPANY (США), модель DLB350A, складові якої показані на рис. 1. Механізм підйому складається з привідної ручки, зубчатого зачеплення між привідним валом та веденим валом з котушкою, на яку намотується піднімальний канат.

Особливістю цієї лебідки є вантажоупорне дискове гальмо. На привідний вал з шестернею надягається гальмівний диск, храпове колесо і притискна шайба, які вільно переміщуються уздовж осі вала. Вантаж піднімається обертанням ручки за годинниковою стрілкою, коли всі деталі щільно притиснуті одна до одної і обертаються як суцільне тіло. При зупинці лебідки вантаж залишається висіти на канаті завдяки тому, що храпове колесо стопориться собачкою, яка за-

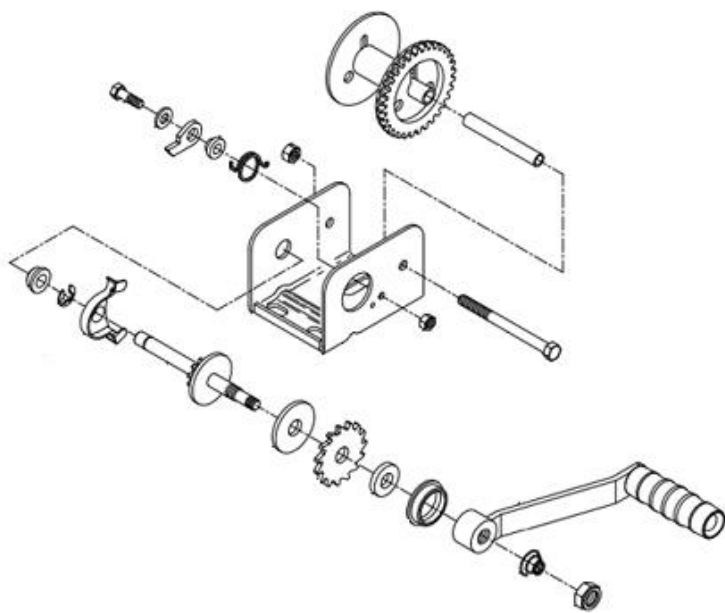


Рис. 1 – Складові лебідки [1]

побігає зворотному обертанню вала. При обертанні ручки лебідки проти годинникової стрілки храпове колесо залишається нерухомим завдяки собачці, а привідний вал, обертаючись проти годинникової стрілки, поступово змушує ручку розкручуватись по нарізі на валу і переміщуватись в напрямку до кінця вала. Таким чином тиск між гальмівним диском і шестірнею зменшується, і шестірня починає прокручуватись відносно гальмівного диска, що призводить до

опускання вантажу. В той час як обертання ручки проти годинникової стрілки спричиняє зменшення тиску між диском і шестірнею, вантаж створює момент в зворотному напрямку, який змушує деталі притискатися. Тому обертання ручки проти годинникової стрілки фактично не опускає вантаж, а дозволяє вантажу опускатися під дією різниці вантажного моменту і моменту тертя. Це означає, що якщо вантаж відсутній або недостатній, то обертання ручки призводить до розкручування її з валу і заплутування канату. Тому для цієї лебідки обов'язковою умовою роботи є наявність мінімально необхідного вантажу в режимі опускання.

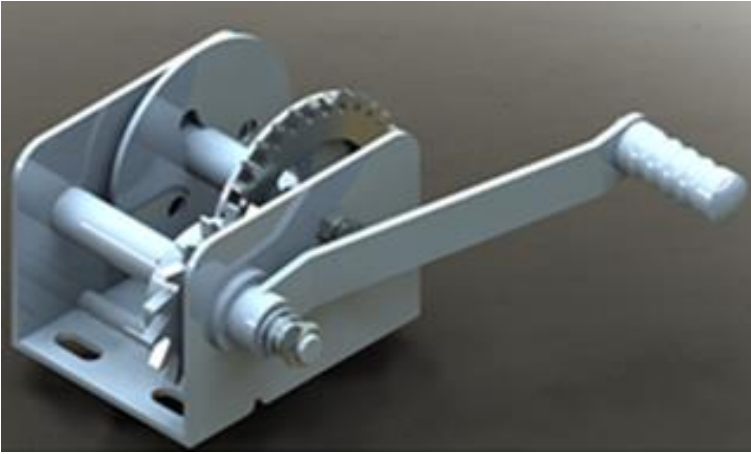


Рис. 2 – Тривимірний модель ручної лебідки

На основі ескізу лебідки побудована 3D моделі деталей та складень лебідки в програмі Solidworks (рис. 2). Всього розроблено 35 деталей. Виконано перевірку на збирання-розбирання, розроблені анімації.

Приймаючи конструктивні параметри лебідки:  $l = 166$  мм – довжина ручки;  $i = 3,2$  – передавальне число;  $r = 51$  мм – радіус котушки  $p = 160$ Н –

зусилля людини на рукоятці;  $v = 1$  м/с – швидкість руху руки людини; розраховано технічні параметри лебідки: вантажопідйомність  $P = 166$  Н і швидкість піднімання вантажу  $V = 0,1$  м/с [2].

Засобами програми SolidWorks SimulationXpress виконано аналіз напружено-деформованого стану крюку лебідки (рис. 3) та визначено, що запас міцності крюку дорівнює 8.

Висновки:

– з'ясовано принцип роботи ручної лебідки з вантажоупорним гальмом;

– створена тривимірний модель лебідки ручної з гальмом, розраховані її вантажопідйомність та запас міцності крюку;

– результати роботи будуть корисними для розроблення лабораторної роботи по курсу «Тривимірне комп'ютерне моделювання».

Література.

1. <https://www.dutton-lainson.com/proddetail.php?prod=15940>.
2. Курсовое проектирование грузоподъемных машин: Учеб. пособие для студентов машиностр. спец. вузов/ С.А. Казак, В.Е. Дусье, Е.С. Кузнецов и др. – М.: Высш. шк., 1989. – 319 с.

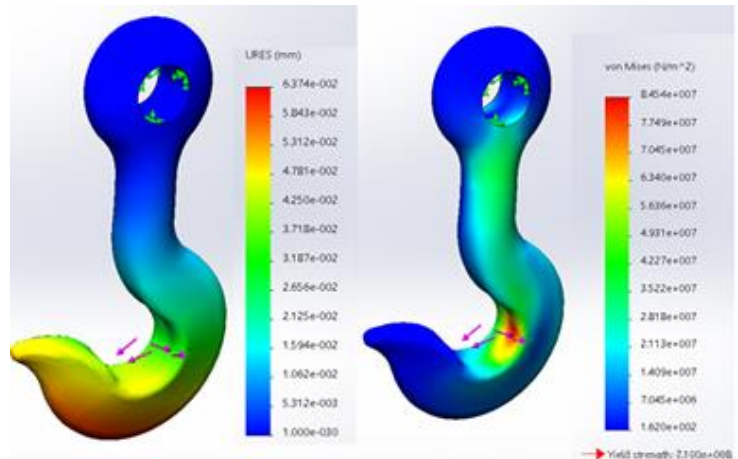


Рис. 3 – Переміщення і напруги крюка

## ЗМІСТ

<b>Мінєєв С.П., Усов О.А., Поляков Ю.Є.</b> Обґрунтування формулювання доповнень нормативного документа СОУ 10.1.00174088011-2005 підрозділами, що характеризують об'єктивний зв'язок гідравлічних і геомеханічних параметрів гідро розпушування...	3
<b>Минеев С.П., Демченко С.В., Рудь В.П.</b> Влияние влажности на теплопроводность горных пород.....	6
<b>Зберовський В.В., Петух О.П., Криворучко О.Н., Юхименко В.А.</b> Використання гідродинамічної дії при розробці пластів крутого падіння.....	8
<b>Агаєв Р.А., Власенко В.В., Дудля К.Є., Ключев Е.С., Притула Д.О.</b> Залежність напружень в дегазаційних газопроводах від параметрів вугільних пластів, що розробляються.....	10
<b>Надугий В.П., Костиця С.В., Курілов В.С.</b> Визначення швидкості сегрегації некондиційно значних за величиною шматків у шарі гірської маси при вібраційному збудженні.....	12
<b>Круковський О.П., Ларіонов Г.І., Земляна Ю.В., Хворостян В.О.</b> Канатні анкери глибокого закладання як елемент конструкції анкерного кріплення.....	13
<b>Круковська В.В.</b> Дослідження впливу вологості вугільного пласта на його викидонебезпечність із застосуванням чисельних методів.....	15
<b>Круковський О.П., Буліч Ю.Ю., Земляна Ю.В., Богословський Є.В.</b> Обґрунтування параметрів нестандартного кріплення монтажних камер.....	17
<b>Пилипенко Ю.М., Ключев Е.С., Опришко Ю.С.</b> Сейсмоакустичний контроль флюїдодинаміки вуглепородного масиву при веденні гірничих робіт.....	18
<b>Пилипенко Ю.М.</b> Формування аеродинамічного середовища у шахтній атмосфері виробок під час протікання газодинамічного явища.....	20
<b>Четверик М.С., Ікол О.О.</b> Технологічні схеми вилучення корисних компонентів із золи ТЕС.....	21
<b>Четверик М.С., Бубнова О.А., Левченко К.С.</b> Технічні рішення щодо використання підземних вод глибоких кар'єрів як корисної копалини.....	23
<b>Четверик М.С., Ворон О.А., Левченко К.С.</b> Шляхи підвищення енергетичного забезпечення міста Дніпро та створення торгово-оздоровчого комплексу в процесі рекультивації золівдвалів Придніпровської ТЕС.....	25
<b>Ворон О.А., Бабій К.В.</b> Вміст токсичних мікроелементів важких металів в золошлакових відвалах ТЕС.....	27

<b>Коц І.В., Горюн О.О.</b> Технологія та устаткування для імпульсного насичення спеціальними речовинами капілярно-пористих будівельних та інших видів матеріалів і виробів.....	29
<b>Коц І.В., Куриленко Ю.П.</b> Глибинний віброущільнювач бетонних сумішей з гідроімпульсним приводом.....	30
<b>Коц І.В., Трубаєнко А.А.</b> Технології та устаткування для гідроімпульсного нагнітання скріпних розчинів у ґрунтовий масив при ін'єкційному підсиленні несучих основ і фундаментів.....	31
<b>Коц І.В., Сторожук С.Б.</b> Дослідження навісного гідроприводного ударно-вібраційного обладнання для виготовлення монолітних бетонних основ методом послідовного нарощування.....	32
<b>Ланець О.С., Майструк П.В.</b> Розрахунок центра швидкостей ділянок стержня як реактивної маси дискретно-континуальної міжрезонансної вібромашини з електромагнітним приводом.....	33
<b>Майструк П.В.</b> Вплив геометричних розмірів пружної пластини зі складними граничними умовами кріплення на її першу власну частоту коливань.....	35
<b>Корендій В.М., Захаров В.М.</b> Моделювання двостороннього притирання торцевих поверхонь циліндричних деталей на вібраційних викінчувальних машинах.....	36
<b>Качур О.Ю.</b> Експериментальне встановлення частоти вимушених коливань дискретно-континуальної міжрезонансної коливальної системи.....	38
<b>Булат А.Ф., Круковський О.П., Круковська В.В.</b> Чисельне дослідження перебігу газодинамічних процесів у вибої гірничої виробки поблизу тектонічного порушення.....	39
<b>Ільїн С.Р., Адорська Л.Г.</b> Ризикоутворюючі фактори при функціонуванні підйомних установок вертикальних стволів шахт і рудників.....	40
<b>Круковський О.П., Дуднік М.М., Веретенник В.М., Крицький В.Є.</b> Сучасні методи та прилади контролю шахтної атмосфери.....	42
<b>Осінній В.Я.</b> Робочий орган гірничої машини нового рівня.....	44
<b>Кірія Р.В., Монастирський В.Ф., Смірнов А.М.</b> Визначення граничного кута нахилу стрічкового конвеєра, що транспортує великошматкові вантажі.....	45
<b>Кірія Р.В., Бабій К.В., Міщенко Т.Ф.</b> Визначення допустимого кута нахилу стрічкового конвеєра з притискною стрічкою і порівняння його величини з граничним кутом нахилу трубчастого стрічкового конвеєра.....	46
<b>Засельский В.И., Пополов Д.В.</b> Обоснование использования вибрационно-ударных машин для классификации металлургической ШИХТЫ.....	47

<b>Монастирський В.Ф., Смірнов А.М.</b> Транспортні вантажопотоки на гірничих підприємствах.....	49
<b>Жигула Т.І., Новіков Л.А.</b> Способи зниження негативного впливу на оточуюче середовище кар'єрного конвеєрного транспорту.....	51
<b>Корнієнко В.Я., Маланчук Є.З., Христюк А.О., Семенюк В.В.</b> Проблеми впровадження нових технологій при видобутку бурштину в Рівненсько-Волинському регіоні.....	52
<b>Маланчук З.Р., Жомирук Р.В., Надутий В.П.</b> Проблеми використання відвалів фосфогіпсу в Рівненській області.....	54
<b>Круковський О.П., Адорська Л.Г., Буліч Ю.Ю.</b> Аналіз проявів формування динамічних явищ гірського тиску при веденні гірничих робіт поблизу виробок із анкерним кріпленням.....	56
<b>Васильєв Д.Л., Ганкевич В.Ф., Москалева Т.В, Ливак О.В.</b> Влияние предварительной термоциклической обработки на энергоёмкость последующего механического разрушения горных пород.....	57
<b>Васильєв Д.Л., Ганкевич В.Ф., Кравец В.И., Ливак О.В.</b> К оценке температурных флуктуаций в зернах алмаза при бурении алмазными коронками.....	58
<b>Малєєв Є.В.</b> Способи формування мезорельєфу при доопрацюванні кар'єрного поля.....	59
<b>Баранов В.А.</b> Визначення підстадій катагенезу і меж викидонебезпечності на прикладі відкладів Донбасу.....	61
<b>Пашенко П.С.</b> Спосіб визначення порушених зон в теригенних породах	64
<b>Антіпович Я.В.</b> Практичне значення дослідження закритої пористості пісковиків Донбасу.....	65
<b>Маметова Л.Ф.</b> Відображення варіацій геодинамічного режиму породного масиву в порушеннях структури мінералів.....	67
<b>Франчук В.П., Надутий В.П.</b> Разделение сыпучего материала под действием вибрации.....	69
<b>Мацук З.М.</b> Концепція безпеки та енергоресурсоефективності нафтогазової галузі України.....	71
<b>Франчук В.П., Зіборов К.А.</b> Режим пуску односекційного шахтного локомотиву при повному зчіпному навантаженні.....	73
<b>Франчук В.П., Анциферов О.В.</b> Інерційно-ексцентриковий привід вібраційної машини.....	75
<b>Анциферов О.В., Борисенко К.В.</b> Розрахунок віброударного режиму роботи вертикального вібраційного млина.....	77
<b>Волков В.В.</b> Построение амплитудно-частотной характеристики колосникового перегружателя ПК-3.....	79
<b>Бондаренко А.О.</b> Комплекс для переробки бутових відходів каменеобробки.....	80

<b>Бондаренко А.О., Шмігон К.М.</b> Обґрунтування параметрів грохоту ГЗВ 0,6х1,7.....	81
<b>Кухар В.Ю., Норенко Д.Д.</b> Експериментальне визначення опору переміщенню щіткового очисника по сітчастому фільтроелементу.....	82
<b>Федоскина Е.В.</b> Переработка материалов типа полимер - металл с использованием хладагента.....	84
<b>Федоскин В.А., Федоскина Е.В. Ерисов Н.Н., Корниленко К.И.</b> Установка для абразивной очистки деталей автомобиля.....	85
<b>Федоскин В.А., Ерисов Н.Н., Корниленко К.И., Черныш А.С., Дрожиков К.В.</b> Испытание гибридного автомобиля в городском цикле...	86
<b>Норенко Д.Д., Маньковська К.О.</b> Розвиток soft skills як метод навчання.....	87
<b>Норенко Д.Д., Демченко Н.Ю.</b> Дослідження роботи й проектування ромбовидного домкрату.....	88
<b>Панченко О.В., Захарова Д.Р.</b> Брейн-ринги – метод гейміфікації у навчанні студентів.....	89
<b>Полушина М.В., Захарова Д.Р.</b> Реінжиніринг ручної лебідки.....	91