

**ВІДГУК****офіційного опонента на дисертацію****к.т.н., доцента Вовк Оксани Олексіївни****«Управління напружено-деформованим станом підроблюваного масиву  
для підвищення стійкості природних і інженерних об'єктів при  
сейсmodинамічних навантаженнях»,  
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук  
по спеціальності 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнична механіка»**

На рецензування представлена робота, що складається із вступу, 7 розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел із 146 найменувань, 5 додатків, 64 таблиць та 84 рисунків.

**Актуальність теми дисертації**

Питання, що розглядаються в роботі, мають загальнодержавне значення, оскільки вони стосуються однієї з найважливіших ланок промислового і суспільного розвитку – енергозабезпечення виробничої, житлово-комунальної та соціальної сфер діяльності державних і приватних народногосподарських структур. При цьому робиться наголос на необхідності розвитку енергогенеруючих потужностей, спираючись на власні енергосировинні ресурси, для уникнення імпортозалежності в значних обсягах, що перевищують стратегічні параметри зовнішнього впливу. Таким ресурсом в Україні є вугілля, отже стратегія енерговиробництва в державі вимушена орієнтуватись на цю складову, а значить і на розвиток вугледобувної галузі.

В той же час такий вектор напрямку промислового виробництва містить в собі певні загрози шкідливого антропогенного впливу і погіршення екологічної ситуації в гірничодобувних промислових регіонах, оскільки гірниче виробництво є одним із основних промислових джерел негативного впливу на навколишнє середовище. В результаті виймання породи і вугілля з утворенням порожнин надпластова геологічна товща і поверхня Землі зазнають знакоперемінних різновекторних незворотних деформаційних впливів, що призводять до пошкодження поверхневих будинків і споруд, дна

водоймищ і річок (з утворенням фільтраційних каналів), порушення стійкості укосів і схилів тощо. Крім цього, в підземних умовах розробка вугільних пластів супроводжується виникненням гірничих ударів, небезпечних як для підземного виробничого персоналу, так і внаслідок дії високоенергетичних сейсмічних хвиль для підземних виробок і поверхневих об'єктів, створюючи додаткові загрози можливості їх пошкодження.

Тема опонуємої роботи доцента Вовк О.О. сформульована в плані вирішення вищезазначених проблем з урахуванням вимог світової спільноти стосовно досягнення базової концепції – максимально можливої екологізації виробництва незалежно від його профілю та забезпечення раціонального використання природних ресурсів. З огляду на вищенаведене актуальність теми роботи нам представляється беззаперечною.

### **Методика досліджень, використана дисертанткою**

Дослідження в роботі виконувались на фундаментальній методичній основі з використанням положень механіки твердого деформованого тіла при статичних і динамічних режимах навантаження, науково обґрунтованих схем моделювання механічних і енергетичних параметрів. Заслужують на окрему увагу наступні методичні підходи, досить успішно застосовані в дисертації.

По-перше, оскільки робота носить комплексний характер і спрямована на вирішення задач в декількох пов'язаних між собою напрямках, надзвичайно важливо мати чітко обґрунтований механізм для співставлення параметрів окремих елементів дослідження. В глобальному плані від Всесвіту до окремого атома і його складових єдиним визначальним кінцевим параметром є енергетичний показник матерії в різновидах її стану (в формі потенційної або вивільненої складової). Всі інші – швидкість (прискорення), міцність, модулі та інші проміжні складові або вторинні по відношенню до енергії. Таким чином, енергетичний показник в різних механічних процесах може послугувати інваріантним чинником, що допоможе оцінити ці процеси з єдиних позицій. Як приклад, можна навести численні науково-технічні і технологічні розробки та рекомендації фахівців в галузі теорії і практики буровибухових робіт, кінцевою метою яких завжди є досягнення економії питомих енерговитрат на деформацію матеріала.

В дисертації Вовк О.О. використовується саме такий концептуальний

підхід, як в енергетичному лабораторному моделюванні вірогідності виникнення гірничого удару, чи його моделюванню тротиловим (енергетичним еквівалентом), так і при визначенні динамічних початкових параметрів сейсмоколивань за показниками Клапейрона, у поєднанні з зонною моделлю Родіонова В.М. під час вибуху, енергетичними питомими оцінками сейсмічних хвиль (зокрема функцій маси вибухової речовини) та їх взаємодії з фундаментами споруд.

По-друге, розглядаючи процес незворотніх деформацій породи з позицій енергетичної схеми Гріффітса, авторка досить вдало доповнює її елементами кінетичної теорії Жукова по кластероподібному механізму розвитку деформаційних процесів, що дало можливість врахувати відмінність параметрів при різних джерелах виникнення. Ще одним із методів дослідження і визначення найбільш вірогідних функціональних залежностей для знаходження параметрів виникнення і їх зміни в просторі і часі авторкою використано метод порівняльних розрахунків.

Такий широкий діапазон використаних як діючих, так і запропонованих методичних концепцій, сприяв отриманню конкретних науково – практичних результатів, доведених до формату, придатного для реалізації в різних напрямках наукової і виробничої діяльності.

### **Основні результати досліджень, викладені в роботі**

Зі змісту автореферата та відомих публікацій дисертантки можна отримати достатньо кількість інформації по структурі роботи, обсягу, характеру і напрямках досліджень, тому вважаю за можливе зупинитись на найбільш суттєвих розробках та висновках і рекомендаціях на їх основі без зайвої деталізації.

Стосовно розділу II до головних результатів можна віднести поряд з аналітичними закономірностями утворення і руху мульди опускання, в яких авторка враховує важливий коефіцієнт впливу властивостей середовища ( $N$ ) узагальнюючі пошуки з виходом на розробку класифікації поверхні по параметрах деформації, (табл. 2.4), у тому числі, по найбільш важливому (нормативному) показнику – горизонтальним деформаціям та по коефіцієнту  $K_0$  (табл. 2.6). При цьому була врахована систематизація деформаційних рівнів осідання і горизонтальних складових в залежності від ступеня метаморфізму вугільних покладів проф. Озерова І.Ф.

Ще одним важливим результатом вважаю дослідження впливу

підземних робіт на зміну коефіцієнта стійкості схилу  $K_y$  на основі фізичного моделювання та з урахуванням динамічної складової впливу сейсміки гірничих ударів.

**Третій розділ** присвячено розробці критеріїв по дослідженню сейсmodинамічних процесів, а саме висвітлена роль фізико – механічних (зокрема пружних) характеристик на процес розповсюдження сейсмічних хвиль. Важливим моментом в розвитку досліджень хвильових процесів є врахування фактора глибини знаходження пункту дослідження зі зміною якої змінюються пружні і швидкісні показники не лише на швидкісних межах, а й вповдовж променя хвилі в однорідному середовищі поміж цими межами. При цьому зазначається головне – акустична жорсткість на початку руху хвилі з пункту на більшій глибині буде іншою на швидкісній межі, розташованій вище в залежності від зміни коефіцієнта Пуассона і пружних модулів ( $E, G$ ). Можна відзначити також важливу пропозицію по визначенню коефіцієнта проходження на швидкісній межі з урахуванням кута падіння  $\alpha$ .

**В четвертому розділі** викладені результати досліджень виникнення механізму гірничих ударів із застосуванням гіпотези шарнірних блоків та дуги тиску. Базуючись на першій гіпотезі можливо обґрунтувати схему зародження осередку як в породному масиві, так і безпосередньо в призабійній зоні пласта, причому переважно квазіциліндричної конфігурації. Проте в ряді випадків, особливо при горизонтальному заляганні пластів, більш прийнятною авторка вважає гіпотезу дуги тиску і використовує її в своїх розробках, маючи на увазі те, що за її допомогою можна більш ґрунтовно визначити механізм накопичення пружної енергії в місцях максимуму опорного тиску.

До основних висновків і рекомендацій цього розділу можна віднести наступне.

1. Рекомендації відносно критеріїв оцінки вірогідності рівнів гравітаційних напружень і деформацій, зокрема співвідношення гравітаційного тиску до міцності вугілля, по моделюванню процесу витрат на пружні деформації в лабораторних умовах, по коефіцієнту ударнебезпеки ( $\lambda$ ) тощо.

2. Отримані важливі співвідношення для визначення параметрів стану в призабійному просторі, у тому числі, відстань до максимуму концентрації напружень ( $C_1$ ), ширину зони концентрації ( $X_w$ ) в функції літологічного

тиску і міцності порід покрівлі на стискання ( $R_{cm}$ ) та розтяг ( $R_p$ ).

3. Розроблена комплексна класифікація гірничих ударів за топологічною ознакою і характером прояву, яку рекомендовано використовувати в поєднанні з варіантом класифікації польських фахівців, розробленим за енергетичним критерієм.

В розділах V і VI наведені результати досліджень параметрів руху сейсмічних хвиль на основі методичних положень, зокрема, на основі концепцій згідно з розділом III – рівнянь Клапейрона, механічної моделі Родіонова з доповненням схеми кластеризації Жукова. Досліджено наступне:

- механізм деформування породи на межі осередку, визначення його геометричних розмірів, вихідних головних динамічних, енергетичних показників сейсмічних коливань та їх зміни вповдовж променя руху по середовищу з реальними характеристиками;

- параметри зародження і руху поверхневих хвиль, їх значення у захищеного об'єкта для встановлення кількісних показників взаємодії з фундаментами будівель і споруд за енергетичним критерієм;

- запропоновано методику знаходження коефіцієнта переходу енергії R – хвилі в фундамент споруди  $K'_9$  ;

- розроблено графоаналітичний метод оцінки сейсмічної дії гірничих ударів по тротиловому еквіваленту, зокрема, у вигляді номограми визначення сейсмонебезпечних відстаней;

- розроблено нормативну шкалу допустимих прискорень з урахуванням часового фактору при співставленні з діючими показниками за критерієм масової швидкості шляхом застосування поправочного коефіцієнта  $K_m = \frac{a_c}{a_H}$  в

залежності від величини  $m_r = \frac{T_R}{T_O}$  ;

- запропоновано метод прогнозу сейсмонебезпеки за енергетичним фактором  $E_R$ .

В розділах V і VI наведені і інші суттєві рекомендації з цих питань, інформація про яких міститься в авторефераті та які присвячені результатам досліджень по прогнозу вірогідності та запобіганню виникнення або локалізації гірничих ударів, включаючи методи керування геодинамічними процесами за допомогою науково-технічних, організаційно-технологічних розробок з урахуванням літологічних, стратиграфічних, тектонічних умов

залягання пластів. Серед них найбільш прийнятними і обґрунтованими, в яких враховувався також практичний досвід вугледобувних підприємств, можна назвати наступні.

1. Розробка ударнебезпечного пласта здійснюється після того, як очисними роботами в захисному пласті утворюється захисна (розвантажувальна) зона в призабійному просторі робочого пласта. Цей захисний пласт може бути розташований над-, під робочим, або останній знаходиться між двома захисними. В розділі наведені параметри і критерії, що забезпечують умови для уникнення гірничого удару.

2. В розділі висвітлені і проаналізовані науково-технічні розробки, що сприяють уникненню або обмеженню енергетичного рівня явища, зокрема, шляхом застосування вибухових методів обробки призабійного простору або дезінтеграції порід покрівлі та вугільного покладу свердловинними зарядами ВР.

3. Запропоновані емпіричні залежності для обрахування розмірів зон незворотніх деформацій навкруги цих зарядів та зони сейсмонебезпеки для підземних гірських виробок.

4. Можна відзначити також рекомендації відносно регулювання напружено-деформаційного стану в районі ведення очисних робіт шляхом застосування керування покрівлею закладкою вробленого простору, швидкістю посування вибою, розвантаження призабійної смуги вугілля вибурюванням свердловин великого діаметра зі зміщенням зони концентрації напружень вглиб масиву тощо.

В цілому розділ містить низку важливих і корисних для виробників рекомендацій.

Дозволю собі висловити декілька зауважень і побажань дисертантці на майбутнє:

1. В першому і другому розділах надто детально розглянуті існуючі другорядні прогнози вірогідності гірничого удару та аналізу механізму деформації поверхні, включаючи провальні процеси, що має місце при розробці вугільних пластів на малих глибинах (або при великій потужності), що досить переконливо засвідчують результати моделювання. Проте, стосовно умов Донбасу, інтерес представляють вивчення процесів на глибоких горизонтах.

2. В другому розділі, на наш погляд, потрібно було включити в аналіз наукові праці професора Петрука Є.Г., які присвячені прогнозуванню

деформацій земної поверхні в зоні підробок та деформаційних процесів в динамічній мульді при підземній розробці пологих вугільних пластів.

3. Головний обсяг досліджень в роботі виконано для умов приведення конфігурації енергетичного джерела до сферичної, хоча реально воно може мати різний абрис, і доцільно було б розглядати більш детально варіант також із осью симетрії, моделюючи свердловинний заряд або різновид гірничого удару можливий в призабійній зоні.

4. Бажано було б розглянути процес виникнення гірничого удару на гірничорудних підприємствах, можливо, спираючись на досвід російських (апатити), або польських (міднорудні поклади) фахівців цього напрямку. Хоча, це більш можна віднести як побажання на майбутнє, необхідність в таких дослідженнях є, оскільки в Україні функціонують ряд рудників з підземними технологіями (залізородні, уранові).

5. Було б доцільним розробити алгоритм вирішення зворотної задачі для оцінки енергетичного рівня гірничого удару, який вже відбувся і зареєстрований поверхневими стаціонарними чи тимчасовими станціями, що дало б вихідні дані попередньої прогностичної оцінки методом аналогій.

6. В розділі VII наведені рекомендації стосовно визначення параметрів зони деформацій навкруги свердловинного тиску згідно з підходами, оприлюдненими в роботі проф. Михалюка А.В. Бажано було б такі розробки виконати і для варіанта енергетичних джерел різного походження сферичної конфігурації.

В цілому викладені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку опонуємої дисертаційної роботи.

### **Загальний висновок**

1. Дисертація доц. Вовк Оксани Олексіївни «Управління напружено-деформованим станом підроблюваного масиву для підвищення стійкості природних і інженерних об'єктів при сейсmodинамічних навантаженнях» є завершеною науково-дослідною роботою, в якій розглянуті і вирішенні важливі науково-практичні та техніко-екологічні задачі в рамках проблеми розробки наукових основ управління геомеханічними процесами і геодинамічними проявами в процесі підземної виїмки вугільних пластів, для досягнення зменшення або попередження негативних впливів на поверхневі і підземні об'єкти та призабійний простір.

2. Поставлені задачі вирішувались на науково обґрунтованій методичній

основі з використанням закономірностей механіки деформованого тіла в статичних та динамічних режимах навантаження, сучасних методів моделювання з максимальним використанням енергетичних критеріїв на всіх ланках досліджень статико-динамічних деформаційних процесів і явищ та за допомогою успішно застосованого метода порівняльних розрахунків.

3. Зміст дисертації у повному обсязі відображений в двох монографіях, статтях в фахових наукових виданнях, у тому числі зарубіжних, а також в виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз.

4. Зміст автореферата відповідає змісту дисертації.

5. В роботі отримані важливі наукові, науково-методичні і науково-практичні висновки і рекомендації, що вже реалізовані в наукових розробках ІГМ НАН України, НДІБК, в викладацькій діяльності вишів, на виробничих підприємствах з отримання економічного ефекту.

6. Вважаю, що дисертація доц. Вовк О.О. повністю відповідає вимогам п. 9, 10 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, а її авторка заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук по спеціальності 05.15.09 – Геотехнічна і гірнична механіка.

Офіційний опонент, завідувач кафедри  
«Тунелів, основ та фундаментів»  
Дніпропетровського національного  
університету залізничного транспорту  
імені академіка В. Лазаряна  
Міністерства науки і освіти України,  
доктор технічних наук, професор

