

ВІДГУК

офіційного опонента доктора технічних наук, професора
Дзюби Анатолія Петровича на дисертаційну роботу

Шевченка Олександра Івановича

**«Розвиток наукових основ процесу віброударного зневоднення
техногенної сировини гранулометричного складу, який змінюється»,**

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
за спеціальністю 05.15.09 – геотехнічна і гірнича механіка

Актуальність теми дисертації. Переробка техногенної сировини, яка в значних обсягах накопичилася на території України в результаті діяльності промислових підприємств, є однією з проблемних задач галузі, як з точки зору вилучення корисного компонента, так і з необхідності екологічної безпеки територій. Одним із основних процесів першого етапу такої переробки є віброударне зневоднення і розділення сировини за крупністю.

Однією з причин, яка стримує підвищення ефективності процесу зневоднення та розділення за крупністю, є велика різноманітність сировини для переробки з різними фізико-механічними властивостями і гранулометричним складом, що вимагає індивідуального підходу у кожному конкретному випадку, а також недосконалість технологій, пов'язаних зі зневодненням та розділенням за крупністю тонких класів.

При цьому, незважаючи на велику кількість як теоретичних, так і емпіричних моделей, цілий ряд важливих особливостей кінетики процесу залишаються недослідженими.

Подальший розвиток і удосконалення віброударного зневоднення і розділення за крупністю можливий лише за глибокого вивчення закономірностей процесів впливу рідини і параметрів віброударної дії на переміщення часток та на їх розділення за крупністю. Такі дослідження необхідні для побудови обґрунтованого підходу до вибору конструктивних і робочих параметрів, призначених для віброударного устаткування.

Тому, розвиток наукових основ процесу віброударного зневоднення техногенної сировини з урахуванням закономірностей переміщення рідини і частинок крізь шар сировини та через поверхню для просівання з урахуванням випадкової природи гранулометричного складу сировини, щільності частинок і рідини та параметрів віброударного впливу, а також створення нових способів зневоднення і розділення, методик розрахунку та рекомендацій по вибору раціональних режимів є **актуальною науковою проблемою** в області процесів зневоднення і розділення за крупністю мінеральної сировини.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами та відповідність паспорту спеціальності.

Дослідження автора є послідовним розвитком наукового надбання Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАНУ в пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки: №1 «Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-

економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави».

Дисертаційна робота виконана в рамках державних бюджетних тем ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України: № ГР 0107U001266, III-32-07; № ГР 0110U002634, III-55-10; № ГР 0110U001540, III-56-10; № ГР 0112U000493, III-63-12; № ГР 0116U004044, III-68-16; № ГР 0120U101113, III-75-20, в яких автор був відповідальним виконавцем і виконував окремі розділи.

За метою, об'єктом, предметом та завданнями досліджень дисертаційна робота відповідає формулі та паспорту спеціальності 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнична механіка» у контексті напрямку «розробка методології, методик, розрахункових методів, вивчення і оцінка властивостей сипучих тіл, ґрунтів і гірських порід; дослідження будови, напружено-деформованого стану, закономірностей в масивах сипучих середовищ, гірських порід і техногенних родовищ з урахуванням особливостей їх поведінки при дії гравітаційних та гідродинамічних полів та впливу факторів різниці геометричної та гідравлічної крупності, а також при взаємодії вказаних середовищ з природними і штучними флуктуаціями з метою вдосконалення існуючих та розробки нових ефективних геотехнологій. Методи управління властивостями і станом сипучих тіл, ґрунтів і гірських порід». (п. 1 паспорту спеціальності); «дослідження закономірностей механічних процесів при розміщенні, ущільненні та переміщенні сипучих тіл, зокрема мерзлих, механічними діями і полями різної природи та прямих і зворотних процесів при переходах середовищ в інші фазові категорії при наявності фільтрації, дифузії рідини і газу у породному масиві при веденні гірничих робіт» (п. 2 паспорту спеціальності).

Новизна наукових положень, висновків та практичних рекомендацій. В дисертації побудовані наукові основи віброударного зневоднення техногенної сировини гранулометричного складу, закономірностей переміщення рідини і частинок крізь шар сировини і чарунки поверхні для просівання, розділення за крупністю техногенної сировини гранулометричного складу з урахуванням їх випадкової природи і встановлення параметрів віброударної дії та їх впливу на кінетику зневоднення та розділення за крупністю з метою підвищення ефективності, вдосконалення та створення техніки і технологій переробки техногенної сировини.

- У розвиток теорії віброударного зневоднення вперше встановлена ймовірність переходу рідини вниз за геометричними умовами, що залежить від таких компонентів: ймовірності того, що три частки знаходяться в елементарному об'ємі; ймовірності орієнтації елементарного об'єму вниз; ймовірності того, що імпульс діє в цьому ж напрямку; ймовірності переходу рідини вниз з енергетичними умовами.

- Отримані закономірності переходу рідини крізь шар сировини в залежності від виконання геометричної і енергетичної умов, при яких кінетична енергія, що повідомляється меніску рідини, перевищує енергію утворення нової міжфазної поверхні.

- Вперше досліджено вплив дезінтегруючих елементів на переходи рідини через шар сировини і чарунки поверхні для просівання, що полягає в підсиленні дезінтегруючими елементами у локальних областях нормальних і зсувних імпульсів коливань поверхні і матеріалу на ній, що сприяє більш інтенсивному його розпушенню і руйнуванню капілярних містків між частками та інтенсифікує процес зневоднення і розділення.

- Досліджено процес розриву меніска рідини при дії на частки сил поверхневого натягу в залежності від кутового розміру меніска та вперше встановлено необхідний для цього приріст енергії. Встановлено що, залежність коефіцієнта збільшення питомої енергії, необхідної для розриву меніска, від кутового розміру меніска і крайового кута змінюється за експоненціальним законом.

- Отримані залежності ймовірності проходження рідини через чарунки від ймовірності залишитися на поверхні для просівання і кількості взаємодій сировини з нею.

- Отримали розвиток наукові основи віброударного зневоднення, що ґрунтуються на встановлених закономірностях переміщення рідини і частинок крізь шар сировини і через поверхню для просівання з урахуванням їх випадкової природи та зміни гранулометричного складу сировини, щільності частинок і рідини, а також параметрів віброударного впливу.

- Розроблено нову комплексну математичну модель кінетики зневоднення та розділення за крупністю при віброударному збудженні, що враховує гранулометричний склад сировини, щільності частинок і рідини, початковий розподіл рідини і частинок по висоті шару, сегрегацію, просіювання, особливості віброударного впливу (швидкість, кратність і кількість падінь за період вібротранспортування), зміну висоти шару та взаємного впливу зневоднення і розділення за крупністю.

- Вперше обґрунтовано ефективність використання додаткового за період вібробудження на етапі польоту сировини ударного впливу на поверхню для просівання, що дозволяє знизити вологість та збільшити вихід дрібних частинок.

- Обґрунтовано мінімальну граничну крупність розділення для максимального виділення корисного компоненту з техногенних відходів з необхідною якістю на прикладі вугільних шлаків і гранітного відсіву.

- Визначено умови рівноваги та проходження рідини через чарунки поверхні для просівання та умови, які дозволяють зменшити розмір чарунок, при яких рідина утримується в них в статиці, та встановлено режими вібробудження, які забезпечують проходження через них рідини.

- Розроблено та впроваджено методики і рекомендації по вибору, обґрунтуванню і розрахунку раціональних режимів процесу видалення вологи і розділення техногенної сировини при віброударному впливі.

Обґрунтованість та достовірність одержаних результатів, наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації обумовлюється: - коректністю постановок задач дослідження та вибору розрахункових схем;

- використанням загальноvizнаних фізичних законів, ефективних та добре апробованих методів моделювання, теорії ймовірностей та математичної статистики, теоретичної механіки та системного аналізу;

- використанням стандартизованих та сертифікованих експериментальних методів наукових досліджень, підтверджених статистично значущим обсягом результатів експериментальних випробувань, проведених в лабораторних і промислових умовах;

- адекватністю побудованих математичних моделей реальним процесам, які добро корегуються із сучасними уявленнями про процеси віброударного зневоднення і розділення за крупністю техногенної сировини;

- високою збіжністю результатів теоретичних і експериментальних досліджень та, де це можливо, з відомими результатами інших авторів;

Про достовірність результатів свідчать також високі коефіцієнти кореляції між розрахунковим і експериментальним визначенням параметрів, а також результатами промислових випробувань в умовах ТОВ «Любимівський гранітний кар'єр», позитивними результатами впровадження в практику наукових досліджень та проектно-конструкторських робіт інших гірничопереробних підприємств та в освітній процес.

У цілому можна вважати, що наукові положення, висновки та підходи, розвинуті в дисертації, є достатньо обґрунтованими та достовірними, оскільки ґрунтуються на глибокому порівняльному аналізі досліджуваних явищ.

Наукова новизна і практичне значення одержаних результатів

Наукове значення результатів полягає в розробці наукових основ віброударного зневоднення технологічної сировини гранулометричного складу та встановленні закономірностей переміщення рідини і частинок крізь шар сировини і через поверхню для просівання, з урахуванням їх випадкової природи, в залежності від гранулометричного складу, який змінюється, сировини, щільності рідини і частинок, параметрів віброударного впливу для інтенсивного зневоднення та розділення, і розвитку на цій базі наукових основ віброударного зневоднення і розділення за крупністю техногенної сировини при її переробці.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному.

Розроблено та впроваджено в практику наукових досліджень, проектно-конструкторських робіт, гірничопереробних підприємств та в освітній процес методики:

- розрахунку технологічних параметрів, що забезпечують очищення поверхні для просівання при тонкому грохоченні техногенної сировини;

- розрахунку параметрів грохоту з ударним збудженням поверхні для просівання для класифікації та зниження вологи в тонких класах;

- визначення ефективності зневоднення при віброударному грохоченні в технологіях збагачення техногенних родовищ;
- розрахунку технологічних показників грохочення і зневоднення при переробці вологої техногенної сировини;
- математичного моделювання зневоднення вологої техногенної сировини при віброударному грохоченні;
- математичного моделювання кінетики грохочення і зневоднення при переробці тонкозернистої вологої сировини;
- обґрунтування і розрахунку режимних та конструктивних параметрів віброударного грохоту і технологічних показників процесу поділу за крупністю і зневоднення при переробці техногенної сировини, а також рекомендації по вибору раціональних режимів процесу класифікації і зневоднення для високоефективної переробки пісків.

Структура, загальна характеристика та оформлення дисертації.

Дисертація складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків і списку використаних джерел з 259 найменувань на 32 стор., містить 554 сторінок машинописного тексту, включає 57 таблиць та 124 малюнка, з яких 45 на окремих сторінках (основна частина 300 сторінок), а також 12 додатків на 127 сторінках.

У вступі наведено актуальність роботи, її зв'язок з науковими програмами, планами, темами, мету і задачі досліджень, викладені дані про наукову новизну, реалізацію та практичне впровадження результатів роботи, наведено відомості щодо публікацій результатів дисертаційних досліджень та їх апробації.

Перший розділ присвячено аналізу результатів попередніх теоретичних та практичних досліджень задач та огляду основних напрямків вирішення проблеми зневоднення і розділення за крупністю мінеральної сировини. Автором визначено, що ряд важливих особливостей кінетики процесу все ще залишаються недослідженими. Зокрема, до теперішнього часу відсутні обґрунтування закономірностей руху рідини між частинками в шарі сировини і через поверхню для просівання з урахуванням їх випадкової природи при віброударному збудженні, яке забезпечує інтенсивне переміщення рідини і частинок, їх комплексний облік і взаємний вплив. Недостатньо вивчено як впливають режими віброударної дії на сировину з урахуванням наявності в ній вологи. Зазначено, що усе це зменшує достовірність аналізу і прогнозу процесу зневоднення техногенної сировини.

Грунтуючись на результатах проведеного аналізу, були сформульовані основні задачі дослідження.

У другому розділі встановлюються закономірності проходження рідини через чарунки поверхні для просівання під впливом різних видів навантаження. Обґрунтовано вибір розміру чарунки поверхні з точки зору отримання необхідного товарного продукту і можливості проходження через неї води. Виконано експериментальні дослідження та математичний опис закономірностей зміни кількості води, що залишилася на поверхні, від амплітуди і ча-

стоти віброзбудження. З цією метою було вивчено властивості і обґрунтовано мінімальну граничну крупність розділення для максимального вилучення корисного компонента з техногенних відходів з необхідною якістю та встановлено закономірності кількості і розподілу корисного компонента і відходів у класах крупності.

На основі досліджень і аналізу властивостей сировини створено спосіб переробки шламів з накопичувачів (отримано патент).

В результаті числового розв'язування рівнянь, що описують рівновагу стовпа рідини, яка утримується капілярними силами в чарунці поверхні для просівання проаналізовано вплив геометрії чарунки і змочуваності матеріалу поверхні на кількість утримуваної рідини. Визначено граничні розміри круглої і щілинної чарунки, при яких на поверхні утримується шар води заданої висоти. Встановлено, що поверхня з щілинними чарунками дозволяє розділяти сировину за меншим класом крупності.

З урахуванням критерію подібності обґрунтовано параметри лабораторного стенду (модель вібраційного грохота) для досліджень та встановлено режими віброзбудження, які забезпечують проходження через них рідини.

Виконано експериментальні дослідження та математичний опис закономірностей зміни кількості води, що залишилася на поверхні для просівання від амплітуди і частоти віброзбудження.

Встановлено, що віброударний вплив забезпечує більш високі результати очищення чарунок поверхні від рідини, що утримується в них силами поверхневого натягу.

Отримано регресійні рівняння, які описують зміну кількості води, що залишилася на різних поверхнях для просівання від амплітуди і частоти при гармонійному і віброударному збудженні.

Третій розділ присвячено визначенню параметрів віброударного впливу, розробці і обґрунтованою математичної моделі віброударного грохоту з «подвійними ударами». Тут же визначено його конструктивні і режимні параметри, здійснено експериментальну перевірку побудованої математичної моделі зневоднення при віброударному впливі та встановлено адекватність теорії і експериментів.

Побудовано математичну модель опису руху поверхні для просівання, при збудженні її двома ударниками. Це дозволило розрахувати конструктивні та режимні параметри віброударного грохоту й створити його лабораторну модель. Обґрунтовано область режимів при яких здійснюються «подвійні удари».

Експериментальним методом для різних класів крупності визначені умови, при яких забезпечується максимальне зниження вологості. Встановлено, що використання «подвійних ударів» і дезінтегруючих елементів забезпечує зниження вологості сировини

На основі отриманих результатів розроблено і запатентовано нові способи зневоднення та розділення за крупністю з «подвійними ударами» і дезінтегруючими елементами.

Досліджено кінетику видалення води при віброударному зневодненні. Узагальнено експериментальні результати та отримано регресійні рівняння, які описують зміни в часі вологості плюсового продукту.

Розроблено математичну модель, яка описує кінетику зневоднення шару сировини (процес видалення рідини, що знаходиться в капілярно-стикувальних містках між частинками) та описано геометричні та енергетичні умови, при яких рідина переміщається між частинками, що дозволило визначити питому енергію, яка витрачається на видалення рідини та визначено технологічні і режимні параметри процесу зневоднення.

На моделі грохоту експериментальним методом досліджено кінетику видалення капілярно-стикової води при віброударному зневодненні для матеріалів вузьких і широких спектрів крупності і різних матеріалів при різних режимах і навантаженнях.

Встановлено високий збіг результати числового моделювання та експериментальних досліджень, що у подальшому дозволило шляхом числових експериментів визначати раціональні конструктивні і динамічні параметри, при яких досягаються необхідні технологічні показники зневоднення.

У четвертому розділі приведені результати досліджень закономірностей зневоднення і розділення за крупністю техногенної сировини при віброударному впливі. Подані результати експериментальних досліджень зневоднення і розділення за крупністю різних матеріалів і встановлено адекватність теорії і експериментів.

Розроблено математичну модель кінетики зневоднення і розділення за крупністю, яка комплексно враховує початкові розподіли часток і рідини по висоті шару сипучої техногенної сировини, сегрегацію, просіювання, особливості вібротранспортування (швидкість, кратність і кількість падінь за період вібротранспортування) і зміну висоти шару. Шляхом числових експериментів визначено технологічні і режимні параметри процесу зневоднення і розділення за крупністю.

На основі отриманих результатів розроблено та запатентовано новий спосіб класифікації та зневоднення сировини, що важко просівається і зневоднюється.

Наведено порівняльний аналіз результатів зневоднення та розділення за крупністю при вібраційному впливі, віброударному та віброударному з дезінтегруючими елементами. Встановлено, що використання віброударного впливу з «подвійними ударами» на поверхню є найбільш ефективним для зниження вологості і збільшення виходу дрібних частинок. Тобто, використання додаткового за період віброзбудження удару на етапі польоту сировини значно підвищує ефективність процесу зневоднення та розділення за крупністю.

У розділі п'ять приведені результати розробок на основі створених математичних моделей алгоритмів розрахунку процесів зневоднення і розділення за крупністю, приклади та методики розрахунків процесів проходження рідини через поверхню для просівання, зневоднення крізь шар сировини, методики кінетики зневоднення і розділення за крупністю при віброударному

впливі та загальна методика обґрунтування і розрахунку режимних та конструктивних параметрів віброударного грохоту та технологічних показників процесу зневоднення і розділення за крупністю при переробці техногенної сировини.

Визначено область використання методик, розроблено комплект програм для ПЕОМ, що дозволяє чисельно моделювати процес класифікації за крупністю зі зневодненням.

Приведено результати випробувань в умовах ТОВ «Любимовський гранітний кар'єр» модернізованого (за розробленою методикою) грохоту ГІЛ-42 з віброударним режимом, що показали позитивні результати, на основі яких методика прийнята для використання на кар'єрі.

Визначено перспективи практичного використання віброударного грохоту і розроблені рекомендації по вибору раціональних режимів процесу класифікації і зневоднення для високоефективної переробки пісків.

Додатки містять документи, які підтверджують актуальність проблеми, її зв'язок з галузевими програмами і використання розробок в умовах: ПАТ «Новопавлівський гранітний кар'єр», ТОВ «Об'єднання Новомиколаївський кар'єр», ПрАТ «Об'єднана гірничо-хімічна компанія» філія «Вільногірський гірничо-металургійний комбінат», ТОВ «Мотронівський гірничо-збагачувальний комбінат», Філії ЦЗФ «Павлоградська» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля», ТОВ «Любимовський гранітний кар'єр», ТОВ «Южгіпроруда».

У цілому дисертаційна робота написана ясною та зрозумілою для фахівців в області зневоднення і розділення за крупністю мінеральної сировини мовою. Наприкінці кожного розділу роботи зроблено конкретні, обґрунтовані висновки. Висновки до розділів за результатами роботи сформульовані достатньо чітко, вони впливають зі змісту роботи, відповідають головній меті та задачам дисертаційної роботи.

Стиль, мова, структура, обсяг, оформлення дисертації та автореферату відповідають вимогам МОН України до докторських дисертацій та демонструють вміння автора стисло, ясно і чітко викладати теоретичні та практичні результати наукової роботи.

Повнота викладу основних результатів дисертації в опублікованих працях. Основні наукові положення та результати дисертації опубліковані в 63 наукових працях, з них: 46 наукових статей у фахових виданнях, 6 з яких входять до наукометричних баз та надруковані у іноземних виданнях, 10 матеріалів конференцій і тез доповідей, 7 патентів, 25 робіт опубліковано без співавторів.

Опубліковані наукові праці достатньо повно відображають основні результати дисертаційної роботи, яка пройшла апробацію на більше, ніж 25-и авторитетних міжнародних наукових конференціях та семінарах.

Автореферат дисертації відповідає змісту дисертаційної роботи.

Наукові положення та результати наукових досліджень кандидатської дисертації Шевченка О.І на тему «Обґрунтування параметрів процесу змиву

продуктів збагачення з одночасним очищенням оборотної води», що була захищена за спеціальністю 05.15.11 – «Фізичні процеси гірничого виробництва», в його докторській дисертації не використовуються.

Як зауваження слід зазначити:

1. З урахуванням випадкової природи (маси, вологості, різної форми і розмірів та ін..) складових сировини і, як наслідок, значних розкидів вхідних параметрів процесу, додаткового обґрунтування потребують зазначені в дисертації та в авторефераті порівняльні характеристики ефективності вихідних параметрів процесу зневоднення, які подаються в %, здебільшого без зазначення їх можливого розкиду, або надати залежності цих «%» (чи навпаки довести їх незалежність) від розкиду вхідних параметрів сировини, що досить важливо для узагальнення та подальшого впровадження отриманих результатів.

2. Недостатньо дослідженими є вибір жорсткісних параметрів металевих стрижнів і пружної системи їх кріплення на грохоті (див. розділ 3) і, зокрема, їх вплив на колювання поверхні для просіювання та динаміку гранульованої сировини.

3. Важливими складовими процесу зневоднення є наявність дезінтегруючих елементів в середовищі сировини, в той час як рекомендації до вибору їх форми, розмірів, маси і кількості в залежності від висоти шару, загального обсягу, гранулометричного складу сировини та ін. в дисертації подані в недостатньому для практичної реалізації процесу обсязі.

4. Часто (і не тільки в цій дисертації) результати експериментальних досліджень сприймаються як істина в останній інстанції. В той же час, результати будь-якого експерименту невідворотно мають свої похибки, пов'язані, зокрема, з похибками (розкидами) вхідних даних, точністю вимірювання результатів та ін. Тому в дисертації слід було б вказати похибки вимірювання маси, точності оцінки гранулометричного складу та ін. сировини до і після процесу зневоднення, та більш детально – кількість таких експериментів, спосіб обробки (усереднення) результатів та ін.

5. В дисертації недостатньо уваги приділено обґрунтуванню перенесення результатів експериментальних досліджень, отриманих на розробленому автором лабораторному обладнанні, на реальне промислове устаткування, оскільки цей процес не підлягає, як відомо, пропорційності і потребує застосування елементів теорії подібності, врахування масштабного фактору та ін.

6. В дисертаційній роботі проведено значний обсяг експериментальних і натурних випробувань, тому було б доцільним посилення на використання методів теорії планування експерименту, зокрема, дані про необхідну кількість випробувань, діапазон змінюваних та досліджуваних параметрів, необхідний обсяг відповідних вибірок результатів та ін.

7. Загальній обсяг дисертації складає 554 стор., з яких основна частина – 300 стор. Було б доцільним сформулювати додатковий до основного змісту дисертаційної роботи матеріал у вигляді окремого тому.

Зазначені недоліки не стосуються актуальності проведених досліджень, наукової новизни, достовірності та практичної цінності отриманих результатів і тому не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи у цілому.

Загальний висновок. Дисертаційна робота Шевченка О.І. за темою «Розвиток наукових основ процесу віброударного зневоднення техногенної сировини гранулометричного складу, який змінюється» є завершеною науковою працею, що в сукупності вирішує актуальну науково-технічну проблему в галузі геотехнічної і гірничої механіки, а саме розробки наукових основ процесу віброударного зневоднення техногенної сировини, встановлення закономірностей переміщення рідини і частинок крізь шар сировини і через поверхню для просівання з урахуванням їх випадкової природи в залежності від гранулометричного складу сировини, який змінюється, щільності частинок і рідини, параметрів віброударного впливу та розробки нових способів зневоднення й розділення за крупністю, а також методик розрахунку і рекомендацій по вибору раціональних режимів.

Тема, зміст та результати дисертації повністю відповідають формулі та паспорту спеціальності 05.15.09 – «Геотехнічна і гірнична механіка» та вимогам п.п. 9, 11-14 положення про «Порядок присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року №567, а її автор **Шевченко Олександр Іванович** заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.15.09 - «Геотехнічна і гірнична механіка».

Офіційний опонент:
Заслужений діяч науки і техніки України,
професор кафедри теоретичної
та комп'ютерної механіки
Дніпровського національного університету
імені Олеся Гончара МОН України,
доктор технічних наук, професор

А.П. Дзюба

Підпис професора Дзюби А. П. засвідчую
Вчений секретар Вченої ради
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара

Т. В. Ходанен

