

УДК 631.816.33

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРАНУЛЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

Д. Г. ЖУК, аспірант,
В. А. ДЕЙКУН, доцент, канд. техн. наук,
Р. В. МОСКАЛЬЧЕНКО, аспірант
*Центральноукраїнський національний технічний університет
м. Кропивницький,
E-mail: viktor.deikyn@gmail.com*

Після проведення огляду та аналізу існуючих способів внесення гранульованих мінеральних добрив, було зроблено припущення щодо вибору, на наш погляд, раціонального способу їх внесення та запропоновано схему внутрішньогрунтового внесення гранульованих мінеральних добрив у підлаповий простір плоскорізальних робочих органів культиваторів. На якість виконання технологічного процесу впливає обґрунтування параметрів та режимів роботи комбінованого робочого органа.

Також важливим є стан та властивості матеріалу, який вноситься, тому задачами досліджень передбачається встановлення окремих параметрів часток мінеральних добрив експериментальним шляхом. Тому метою експериментальних досліджень є встановлення ступеню уточнення показників механіко-технологічних властивостей певних видів мінеральних добрив.

Програма експериментальних досліджень передбачає вирішення наступних задач:

– уточнення числових параметрів основних механіко-технологічних властивостей гранульованих мінеральних добрив, а саме: визначення аеродинамічних властивостей та фракційного складу (маси, діаметру) часток компонентів добрив, їх вологості та коефіцієнтів відновлення і тертя гранул добрив.

Методика визначення основних механіко-технологічних властивостей гранульованих мінеральних добрив включає в себе визначення аеродинамічних властивостей та фракційного складу гранул добрив

Швидкість витання V_e відповідає швидкості повітряного потоку V_{nom} , при якому частка знаходиться у звішеному стані і зазвичай визначається у вертикальному повітряному каналі. В даному випадку аеродинамічні властивості гранульованих мінеральних добрив визначали із застосуванням парусного класифікатора (рис. 1). Класифікатор змонтовано на столі 1. До його складу входить всмоктувальний трубопровід 2 з прозорою частиною 3, в нижній частині якої закріплюється стакан з сітчастим дном для навіски досліджуваного матеріалу 4. Трубопровід 2 входить в циклон 5, де відбувається осадження обробленого матеріалу, який виділяється в ємкість 6. Потік повітря в трубопроводі 2 забезпечується вентилятором 9. Витрати повітря

контролюються ротаметром (витратоміром) 8, який ввімкнено в систему через допоміжні трубопроводи 7. Вентилятор 9 приводиться в дію електродвигуном 10 через клинопасовий варіатор 11.

Швидкість повітряного потоку в робочому трубопроводі 2 регулюється дросельною заслінкою на вентиляторі 9 та зміною його частоти обертання клинопасовим варіатором. Швидкість повітряного потоку розраховується через витрату повітря, що контролюється ротаметром 8.

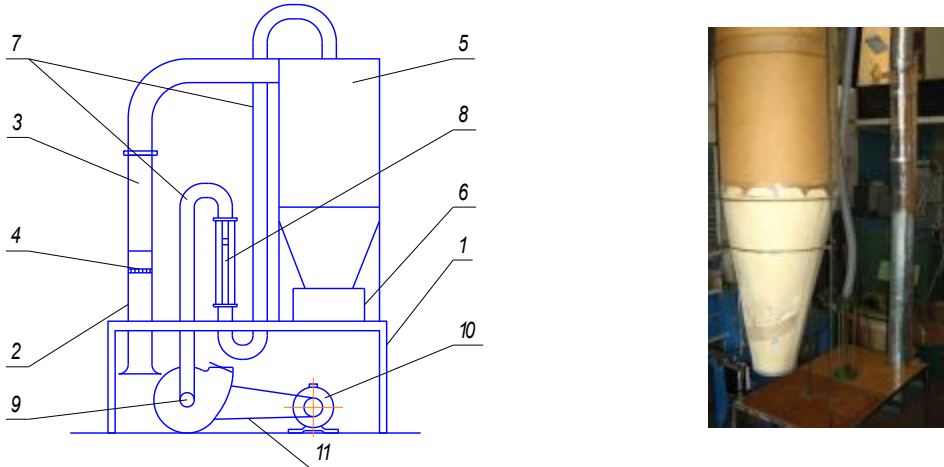


Рис. 1. Принципова схема та загальний вигляд парусного класифікатора.

Для проведення досліджень з гранульованими добривами методом середньої проби відбирали навіски масою 100 г.

Для визначення граничних значень швидкостей повітряного потоку кожна навіска добрив засипалася в стакан з сітчастим дном 4, при цьому дросельна заслінка вентилятора 9 спочатку закривалась повністю і вмикався привід вентилятора. Потім, плавно відкриваючи дросельну заслінку вентилятора, збільшували швидкість повітряного потоку до початку витання легких фракцій. За допомогою витратоміра визначались витрати повітря і розраховувалась швидкість повітряного потоку за формулою

$$V_{\text{в}} = \frac{W}{F}, \quad (1)$$

де W – витрати повітря, м³/с;
 F – площа перерізу, м².

Послідовне підвищення швидкості повітряного потоку дозволяло виділити в стакан циклона всі компоненти добрив, що дає можливість отримати повний варіаційний ряд аеродинамічної характеристики. По долям (масі) фракцій, виділених при кожному дискретному значенні вказаної швидкості в вихідній навісці, будували варіаційну криву, відкладаючи по осі абсцис границі класів по швидкості витання, а по осі ординат – кількість (в відсотках) виділеного матеріалу.

Використовуючи значення V_{min} і V_{max} , вибирали класовий інтервал λ

$$\lambda = \frac{V_{\text{max}} - V_{\text{min}}}{n}, \quad (2)$$

де n – число класів (у даних дослідження $n = 8$).

Виділення часток добрив кожного класу проводилось протягом 3 хв.

Для визначення фракційного складу використовували методику просіювання компонентів добрив через отвори решітного класифікатора. Для цього використовували вібраційний решітний класифікатор РКФ-1 (рис. 2), який призначений для аналізу розмірів і характеристики вирівняності компонентів суміші по ширині та товщині (в першому випадку використовуються решета з круглими отворами, а в другому – з продовгуватими) (рис.2, б).

Відповідний класифікатор (рис.2, а) змонтовано на платформі 7 і він складається з електромагніта, якір 1 якого жорстко з'єднаний з нижнім диском 2, трьох спіральних пружин 3, верхнього диска 4, набору лабораторних решіт, установлених на нижній диск 1 і притиснутих верхнім диском завдяки рукоятці з ексцентриком 6. Нижня частина приладу закрита захисним кожухом. Решета приводяться в коливальний рух електромагнітом і якорем 1.



Рис. 2. Вібраційно-решітний класифікатор РКФ-1:
а – функціональна схема; б – набір решіт.

Амплітуда коливань змінюється підбором необхідної напруги живлення обмотки електромагніта. Для цього живлення класифікатора здійснюється через автотрансформатор (ЛАТР-2).

Масу мінеральних добрив визначали стандартним методом прямого зважування на електричних терезах KERN EMB 600-2 (рис. 3).



Рис. 3. Загальний вигляд електричних терез KERN EMB 600-2.

Даний прилад здатний визначати вагу предметів експрес-методом з точністю 0,01 г, що дозволяє вважати результати зважування достовірними.

Зразки мінеральних добрив, які використовувались в процесі експериментальних досліджень (рис. 4), із загальної маси відбирались методом стандартного відбору проб.

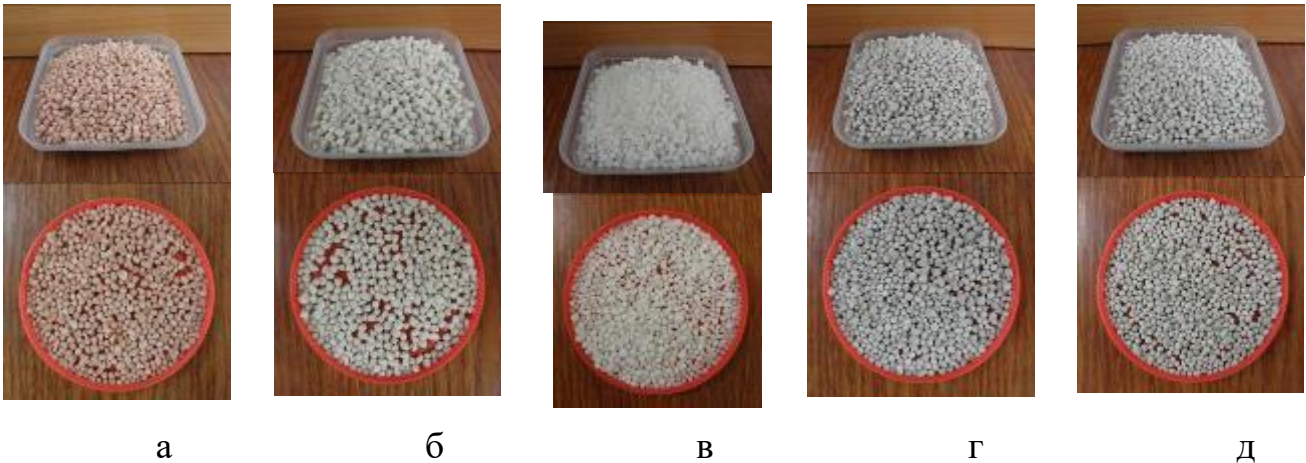


Рис. 4. Зразки мінеральних добрив, для яких встановлювалися аеродинамічні та фракційні характеристики (діаметр часток 2-3 мм): а – хлористий калій, б – діамофос, в – аміачна селітра, г – нітроамофос, д – суперфосфат.

Вагу однієї гранули добрив визначали ваговим способом за класичною методикою при цьому відраховувались сто гранул добрив одного діаметру, потім проводили зважування навіски та визначення ваги однієї гранули, дослід також проводився з п'ятикратною повторністю, визначалось середнє значення.

Визначення коефіцієнту тертя та загальної вологості суміші добрив

Коефіцієнт тертя гранул добрив по поверхні визначали приладом, запропонованим В.О. Желіговським (рис. 5).

Досліди проводилися в п'ятикратній повторності. Значення кута тертя ковзання визначали як $\varphi = \arctg f$.

Кут установки площини змінювався в межах 15, 25, 35, 40, вага ємкості для дослідного матеріалу становила 75 г. Вага гранульованого нітроамофосу – 50 г.

В ході проведення експерименту визначався час t проходження матеріалом ділянки S . Результати проведених замірів заносилися до таблиці.

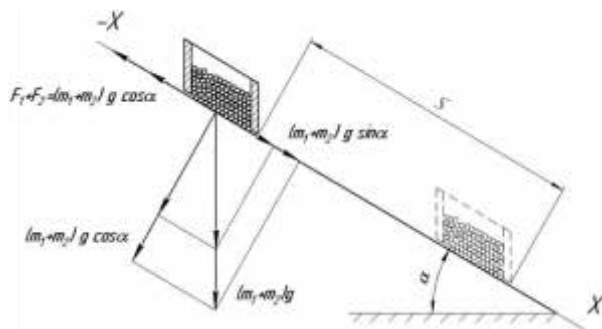


Рис. 5. Загальний вигляд та схема лабораторної установки для визначення коефіцієнта тертя методом скатної площини (за В.О. Желіговським).

Визначення вологості гранул мінеральних добрив

Вологість навісок добрив визначали термостатно-ваговим методом за класичною методикою, шляхом висушування зразків в сушильній шафі при температурі 105° С, з подальшим зважуванням на електронних вагах.

Результати досліджень, проведених за вказаною методикою, показують, що швидкість витання гранул добрив знаходиться в межах 7-12 м/с в залежності від геометричних розмірів та видів добрив. Для різних видів добрив середнє значення показника швидкості витання $V_{вит.}^{cp.}$ коливається в межах 10,16-9,555 м/с (табл. 1). Різниця показника є несуттєвою і не перевищує 3%. Це дає можливість вважати, що отримані результати теоретичних досліджень з однаковою достовірністю можуть бути застосовані для усіх розглянутих видів добрив.

Таблиця 1

Частота потрапляння, % числових значень швидкостей витання в класових інтервалах та їх середнє значення $V_{вит.}^{cp.}$

№ з/п	Назва добрив	Класові інтервали швидкостей витання гранул добрив, м/с					$V_{вит.}^{cp.}$ м/с
		<8	8÷8,9	9÷9,9	10÷10,9	11÷11,9	
1	Нітроамофос (16:32:16)	0	10,7	71,2	14,8	3,3	10,16
2	Суперфосфат	4,5	36	41	15,3	3,2	9,768
3	Хлористий калій	2,6	31,2	62,1	2,5	1,6	9,677
4	Аміачна селітра	4,2	42,8	38,5	12,6	1,9	9,652
5	Діамофос (16:16:16)	3,4	49,3	37,8	7,4	2,1	9,555
Середнє значення							9,742

На процес розподілу добрив по площі суттєве значення має їх гранулометричний склад (табл. 2).

Таблиця 2

Гранулометричний склад комплексних мінеральних добрив, %

№ з/п	Назва добрив	>4	3÷3.9	2÷2.9	1÷1.9	<1
1	Нітроамофос (16:32:16)	0,44	18,51	70,91	10,14	0
2	Суперфосфат	0,28	6,05	35,3	56,7	1,65
3	Хлористий калій	1,92	16,4	41,2	38,7	1,71
4	Аміачна селітра	0,11	2,41	63,18	33,08	1,21
5	Діамофос (16:16:16)	1,82	14,48	38,03	43,81	1,86

Експериментально підтверджено, що більшість гранул мінеральних добрив мають розміри від 2 до 3 мм, що складає 70-90% від загальної маси.

Оскільки гранули мінеральних добрив є гігроскопічними, їх вологість може коливатися в значних межах залежно від вологості навколишнього середовища, так як досліди проводилися в лабораторних умовах при постійних

температурі та вологості, отримані показники відповідають реальним значенням, передбаченим державними стандартами щодо відповідних видів добрив (табл. 3).

Таблиця 3

Показники механіко-технологічних властивостей основних видів гранульованих добрив

№ п/п	Вид добрив	Об'ємна маса, кг/м ³	Маса 1 гранули добрив, г	Вологість добрив, %
1	Нітроамофос (16:32:16)	1140	0,0289	3,0
2	Суперфосфат	1120	0,0229	3,6
3	Хлористий калій	925	0,0202	2,3
4	Аміачна селітра	915	0,0169	2,4
5	Діамофос (16:16:16)	840	0,0147	3,4

У виробничих умовах туконапрямник можуть виготовляти з різних матеріалів, які характеризуються відповідними фрикційними властивостями і можуть суттєво впливати на показники процесу транспортування гранул добрив.

Коефіцієнти тертя мінеральних добрив (табл. 4) по поверхнях різних матеріалів значно відрізняються.

Таблиця 4

Коефіцієнти тертя гранул мінеральних добрив

№ за п/п	Матеріал	нітроамофосу К:Р:N=16:32:16	суперфосфату гранульованого	хлористого калію	аміачної селітри	діамофосу P:N=16:16:16
1.	Сталь	0,88	0,63	0,56	0,44	0,61
		0,75	0,48	0,60	0,48	0,62
2	Деревина	0,91	0,62	0,53	0,52	0,64
		0,73	0,50	0,51	0,50	0,60
3	Гума	0,88	0,53	0,54	0,49	0,48
		0,70	0,53	0,44	0,46	0,48
4	Капрон	0,75	0,40	0,48	0,36	0,45
		0,61	0,43	0,44	0,40	0,47
5	Полімер	0,72	0,42	0,47	0,33	0,48
		0,62	0,38	0,41	0,32	0,48

Примітка: в чисельнику – коефіцієнт спокою
в знаменнику – коефіцієнт тертя ковзання

Проведені експериментальні дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

У результаті уточнення механіко-технологічних властивостей гранул мінеральних добрив встановлено, що різниця між числовими значеннями

показників є не суттєвою і не перевищує межі похибки 3%. Це дає можливість вважати, що отримані результати теоретичних досліджень з однаковою достовірністю можуть бути застосовані для усіх розглянутих видів основних добрив при їх внесенні внутрішньогрунтовим способом.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



***ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ***

***XII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
118-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
віцепрезидента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)***

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

***20-21 лютого 2025 року
м. Київ***

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
NATIONAL UNIVERSITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL
SCIENCES OF UKRAINE
INSTITUTE OF MECHANICS AND AUTOMATICS OF
AGROINDUSTRIAL PRODUCTION OF THE NATIONAL
ACADEMY OF AGRARIAN SCIENCES OF UKRAINE
STATE BIOTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



PROCEEDINGS

*XII International Scientific and Technical Conference dedicated
to the 118th anniversary of the birth of
Doctor of Technical Sciences, Professor,
Vice President of the UAAS
KRAMAROV
Volodymyr Savovych
(1906-1987)*

«KRAMAROV'S READINGS»

*February 20-21, 2025
Kyiv*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. 662 с.

Proceeding of the XII International Scientific and Technical Conference dedicated to the 118th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 20–21, 2025, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2025. 662 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

- Ткачук В. А.** – ректор НУБіП України, голова організаційного комітету;
Тонха О. Л. – проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;
Ружило З. В. – декан факультету конструювання та дизайну НУБіП України, заступник голови організаційного комітету;
Мельник В. І. – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України, секретар організаційного комітету;
- Члени організаційного комітету:**
Автухов А. К. – завідувач кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
Адамчук В. В. – директор «ІМА АПВ НААН», академік НААН;
Альмейда А. – професор Політехнічного університету Браганси (Португальська Республіка);
Аулін В. В. – професор кафедри експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;
Арак М. – директор Тартуського технічного коледжу м. Тарту (Естонська Республіка);
Банний О. О. – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
Бєлоєв Х. – радник ректора Університету «Ангел Кънчев» в м. Русе, академік Болгарської АН (Республіка Болгарія);
Борак К. В. – заступник директора ЖАТФК;
Братішко В. В. – декан МТФ НУБіП України;
Будяй О. В. – директор ТОВ «Манн+Хуммель Фільтрейшн Текнолоджі Україна»;
Булгаков В. М. – завідувач кафедри механіки НУБіП України, академік НААН;
Василенко М. О. – завідувач відділу «ІМА АПВ НААН»;
Васильковський О. М. – завідувач кафедри сільсько-господарського машинобудування ЦНТУ;
Войтюк Д. Г. – професор кафедри сільськогосподарських машин та системотехніки ім. акад. П.М. Василенка НУБіП України, член-кореспондент НААН;
Герук С. М. – завідувач кафедри агроінженерії ЖАТФК;
Джеонг Ілля – Голова представництва в Україні «HYUNDAI XITESOLUTION» (Республіка Корея);
Домейка Р. – декан відділення Агроінженірингу, Університету Вітаутаса Великого (Литовська Республіка);
Захарчук О. В. – завідувач відділу ННЦ «ІАЕ», член-кореспондент НААН;
Іванишин В. В. – ректор ЗВО «Подільський ДУ», академік НААН;
Ковалишин С. Й. – декан факультету механіки, енергетики та інформаційних технологій ЛНУП;
Коренко М. – професор Інституту проєктування та інженерних технологій Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка);

- Кувачов В. П.** – декан МТФ ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Кульгавий В. Ф.** – генеральний директор ВГО «Українська асоціація аграрних інженерів»;
- Кюрчев С. В.** – ректор ТДАТУ імені Дмитра Моторного;
- Литовченко О. В.** – директор ВСП «Ніжинський ФК НУБіП України»;
- Ловейкін В. С.** – завідувач кафедри конструювання машин і обладнання НУБіП України;
- Лопатько К. Г.** – завідувач кафедри технології конструкційних матеріалів і матеріалознавства НУБіП України;
- Лукач В. С.** – директор ВП «Ніжинський агротехнічний інститут» НУБіП України;
- Мельник В. І.** – провідний науковий співробітник відділу науково-технічної інформації НДЧ НУБіП України;
- Мельник В. І.** – професор кафедри оптимізації технологічних систем в рослинництві ДБУ;
- Надикто В. Т.** – професор ТДАТУ імені Дмитра Моторного, член-кореспондент НААН;
- Науменко О. А.** – професор кафедри сервісної інженерії та технології матеріалів в машинобудуванні імені О. І. Сідашенка ДБУ;
- Новак Я.** – професор Університету природничих наук у Любліні (Республіка Польща);
- Новицький А. В.** – завідувач кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Ольт Ю.** – професор Інженерного інституту Естонського університету наук про життя (Естонська Республіка);
- Паскуці С.** – професор Департаменту агроекологічних і територіальних наук (DISAAT) університету Альдо Моро в м. Барі (Італійська Республіка);
- Пилипака С. Ф.** – завідувач кафедри нарисної геометрії, комп'ютерної графіки та дизайну НУБіП України;
- Полянський П. М.** – завідувач кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ;
- Пона Лукреція** – науковий дослідник Національного інституту досліджень і розробок машин і установок для сільського господарства та харчової промисловості (Румунія);
- Продеус О. В.** – керівник відділу збуту Манн+Хуммель GmbH;
- Роговський І. Л.** – завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка НУБіП України;
- Ромасевич Ю. О.** – заступник декана факультету конструювання та дизайну НУБіП України;
- Ревенко Ю. І.** – доцент кафедри надійності техніки НУБіП України;
- Русінс А.** – директор Улброкського наукового центру Латвійського університету природничих наук і технологій (Латвійська Республіка);
- Саченко В. І.** – Голова Ради Асоціації «Укрмашибуд»;
- Савченко В. М.** – доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ПНУ;
- Сайчук О. В.** – директор ХДФПК імені В. І. Вернадського;
- Сиволапов О. В.** – директор ТОВ «Індустрія техногруп»;

Тін Ю Чен - голова китайського офісу філії університету в Лін'ї (Китайська Народна Республіка);

Фіндура П. – проректор Словацького аграрного університету в м. Нітра (Словацька Республіка).

Шарибура А. О. – завідувач кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. О. Семковича ЛНУП;

Яковенко І. А. – завідувач кафедри будівництва НУБіП України.