

УДК 631.374

## РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ДІАГНОСТУВАННЯ ДВИГУНІВ ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

**О. Ю. ТИЦЬКИЙ**, аспірант  
*Національний транспортний університет*  
*E-mail: tyckiy@gmail.com*

Відомо, що сучасна автомобільна електроніка протягом останніх 20 років пройшла суттєве вдосконалення. На зміну аналоговим елементам прийшли цифрові. Мультиплексні системи замінили множинні та розгалужені джгути дротів. Датчики та виконавчі механізми сучасних автомобілів також перетворилися на цифрові пристрої. Однак, як показує вітчизняна статистика, переважна кількість відмов припадає на ці елементи електроніки автомобіля, що підігріває інтерес вчених до дослідження їх надійності, розробки принципово нових діагностичних засобів та комплексів.

Як показує практика діагностування, завдання повного та достовірного діагностування не вирішено. Хоча розроблено та впроваджено на автообслуговуючих підприємствах велику кількість приладів та комплексів. У процесі виробничої роботи науковцями були використані різні діагностичні прилади та комплекси, які виявили серйозні недоліки при отриманні та аналізі діагностичної інформації щодо датчиків масової витрати повітря. Основні з них: 1. Погана пристосованість до діагностування; 2. Низька достовірність діагностування; 3. Неможливість діагностування на рухаючому автомобілі; 4. Висока трудомісткість процесу діагностування; 5. Значна вартість процесу діагностування. Тому пріоритетним напрямком на сьогодні є розробка та впровадження засобу та технології діагностування датчиків масової витрати повітря автомобілів (ДМВП). Комплексний підхід до питання проектування та розробки інструменту для діагностування ДМВП дозволив створити мобільний високоєфективний діагностичний засіб для діагностування ДМВП. Недосконалість методів та засобів діагностування тягне за собою несправність і навіть повну відмову механізмів та систем, що потребують значних ресурсів на їх відновлення. Порівняльний аналіз конкурентних моделей приладу показав необхідність створення приладу, що відповідає вищим вимогам ергономічності та точності [6]. Комплексний підхід до питання проектування та розробки

інструменту для діагностування ДМВП дозволив створити мобільний високоефективний діагностичний засіб для діагностування ДМВП.

Система впуску представлена поряд з послідовними та паралельними елементами. Деякі їх практично не змінюють свої властивості та вихідні параметри в процесі експлуатації, тоді як інші змінюють свій технічний стан безперервно. Для визначення рівня впливу окремих елементів системи впуску розглянемо розрахункову схему процесу подачі повітря через елементи системи впуску рис. 1.

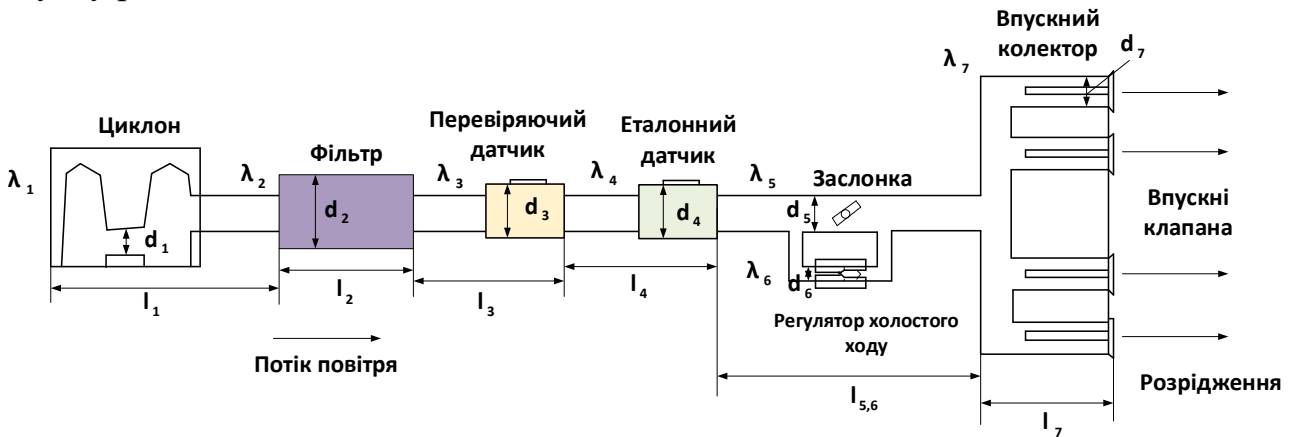


Рис. 1. Розрахункова схема процесу подачі повітря через елементи системи впуску:  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7$  - коефіцієнти Дарсі для ділянок;  $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7$  - діаметр ділянки, м;  $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7$  - довжина ділянки, м

Так наприклад повітряний фільтр один з елементів, що швидко динамічно змінюються, який у міру забруднення змінює параметри всієї системи. Для визначення його технічного стану пропонується тестовий вплив, який полягає у виведенні ДВЗ на режим роботи на одному циліндрі з повністю відкритою дросельною заслінкою за наявності повітряного фільтра і без нього. Що можна уявити умовою:

$$R = \frac{n_{\text{пф}}}{n_{\text{вф}}}, \quad (1)$$

де  $R$  - ступінь забруднення повітряного фільтра;  $n_{\text{пф}}$  - частота обертання колінчастого валу ДВЗ за наявності фільтра,  $\text{хв}^{-1}$ ;  $n_{\text{вф}}$  - частота обертання колінчастого валу ДВЗ за відсутності фільтра,  $\text{хв}^{-1}$ .

Чим більший ступінь засмічення повітряного фільтра, тим менша частота обертання колінчастого валу ДВЗ з фільтром по відношенню до частоти без повітряного фільтра. Ця ознака передбачається використовувати визначення технічного стану повітряного фільтра.

Одним із найненадійніших елементів системи впуску є ДМВП, його відмова виявляється в невірному поданні даних щодо кількості повітря МСУД. І досить часто виникають несправності, які дають значне відхилення подачі повітря. При використанні еталонного ДМВП, який встановлюється послідовно штатному, визначимо втрати напору на вході в циліндр і кількість пройденого повітря. Складемо рівняння Бернуллі для потоку повітря у впускному тракті і вирішимо його щодо кількості пройденого повітря,  $Q$ , отримаємо:

$$Q = \sqrt{\frac{(H_{\text{ВАК}} - H) \cdot 2 \cdot g \cdot S^2}{\left(1 + \lambda_1 \cdot \frac{l_1}{d_1} + \lambda_2 \cdot \frac{l_2}{d_2} + \lambda_3 \cdot \frac{l_3}{d_3} + \lambda_4 \cdot \frac{l_4}{d_4} + \lambda_5 \cdot \frac{l_5}{d_5} + \lambda_6 \cdot \frac{l_6}{d_6} + \lambda_7 \cdot \frac{l_7}{d_7}\right)}}}, \quad (2)$$

де:  $H_{\text{ВАК}}$  - вакуумметричний стовп розрядження, створюваний зворотно-поступальним рухом поршня, м;  $H$  - висота підйому повітря у впускному тракті, м;  $g$  - прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;  $S$  - найменша площа перерізу у впускному тракті, м<sup>2</sup>;  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7$  - коефіцієнти Дарсі для ділянок: циклону, повітряного фільтра, що перевіряється ДМВП, еталонного ДМВП, дросельної заслінки, регулятора холостого ходу, впускних клапанів;  $d_1, d_2, d_3, d_4, d_5, d_6, d_7$  - діаметр ділянок: циклону, повітряного фільтра, що перевіряється ДМВП, еталонного ДМВП, дросельної заслінки, регулятора холостого ходу, впускних клапанів, м;  $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6, l_7$  - довжина ділянок: циклону, повітряного фільтра, що перевіряється ДМВП, еталонного ДМВП, дросельної заслінки, регулятора холостого ходу, впускних клапанів, м.

Введення у впускний тракт еталонного ДМВП відіб'ється деяким збільшенням опору, визначимо, як зміниться подача повітря через ДМВП при цьому. Відомо, що розрядження у впускному колекторі змінюється залежно від представленого на рис. 2.

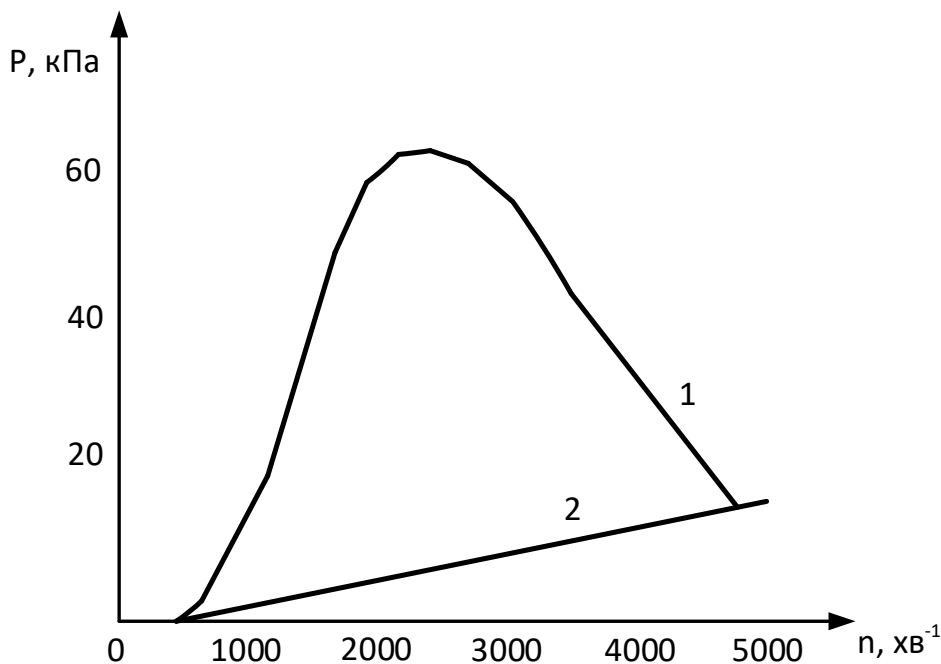


Рис. 2. Залежність зміни розрядження у впускному колекторі від навантаження та частоти обертання: 1 Часткове навантаження; 2 Повне навантаження

Підставляючи вираз (2) для двигуна ТА69W0:  $H_{\text{ВАК}} = 3415\text{м}$ ,  $H = 5\text{м}$ ,  $g = 9,8\text{м/с}^2$ ;  $S = 1,963 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ ,  $\lambda_1 = 0,4$ ,  $\lambda_2 = 3$ ,  $\lambda_3 = 0,02$ ,  $\lambda_4 = 0,02$ ,  $\lambda_5 = 0,05$ ,  $\lambda_6 = 0,4$ ,  $\lambda_7 = 0,02$ ,  $d_1 = 0,1\text{м}$ ,  $d_2 = 0,1 \text{ м}$ ,  $d_3 = 0,1 \text{ м}$ ,  $d_4 = 0,1\text{м}$ ,  $d_5 = 0,1\text{м}$ ,  $d_6 = 0,01\text{м}$ ,  $d_7 = 0,04\text{м}$ ,  $l_1 = 0,2\text{м}$ ,  $l_2 = 0,2\text{м}$ ,  $l_3 = 0,12\text{м}$ ,  $l_4 = 0,12\text{м}$ ,  $l_5 = 0,2\text{м}$ ,  $l_6 = 0,2\text{м}$ ,  $l_7 = 0,1\text{м}$ , отримаємо  $Q=620 \text{ кг/год}$ . За відсутності еталонного ДМВП  $Q = 621\text{кг/год}$ . Тобто. при максимально можливому розрядженні у впускному колекторі додавання еталонного ДМВП відіб'ється у зниженні

подачі повітря на 0,16%, що вкрай незначно і знаходиться в межах величини похибки ДМВП . Набагато більший вплив на кількість подаючого повітря, має підвищений опір повітряного фільтра. Так керуючись і підставляючи значення коефіцієнтів опору отримали залежність зміни величини подаючого повітря, від опору повітряного фільтра рис. 3.

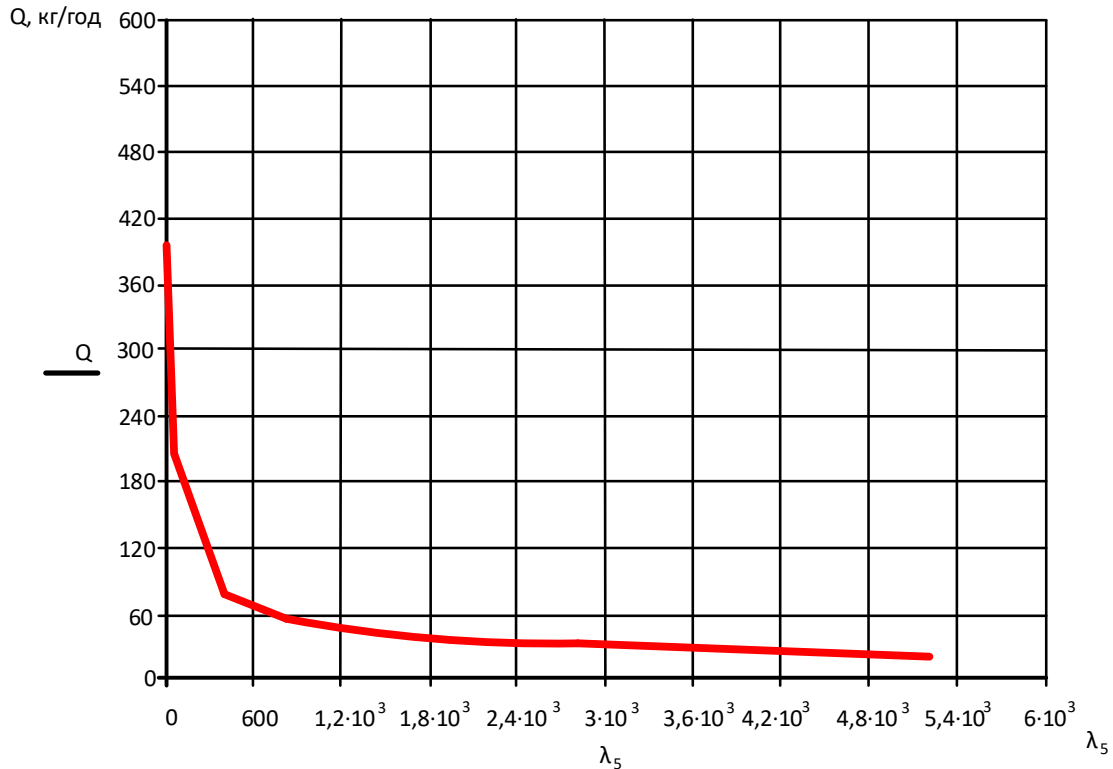


Рис. 3. Залежність величини подаючого повітря,  $Q$ , кг/год від опору повітряного фільтра  $\lambda_5$

З представленої рис. 3. залежності видно наскільки висока чутливість зміни подачі повітря до зростання опору. Так із зростанням опору від 0,05 до 52,6 подача повітря змінилася з 620 до 205 кг/год. При такій зміні опору фільтра виникають серйозні провали в роботі ДВЗ та зниження потужності. Подальше зростання опору фільтра з 52,6 до 760 викликає зниження кількості повітря з 205 до 57 кг/год, що викликає зупинку ДВЗ та неможливість його роботи.

**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 Лінї (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.