

Відгук
офіційного опонента доктора технічних наук, професора
ЯКОВЕНКА Ігоря Анатолійовича
на дисертаційну роботу ГАРЬКАВИ Ольги Вікторівни
на тему: «Синтез каркасних конструктивних систем будівель
та основи розрахунку їх елементів»,

представлену у спеціалізовану вчену раду Д 44.052.02 при Національному
університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» на здобуття
наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю
05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди

Актуальність обраної теми дослідження. Представлена до захисту дисертаційна робота Гарькави О.В. направлена на вирішення наукової проблеми синтезу каркасних конструктивних систем будівель зі створенням на його основі єдиного методологічного комплексу розрахунків несучої здатності елементів збірної каркасної безкапітельно-безбалкової конструктивної системи будівель.

За статистичними даними світовий обсяг виготовлення бетону на початок 2000-х років становив 3 млрд. м³ на рік; 4,4 млрд. м³ на рік у 2021 р. та за прогнозами вчених буде приблизно становити до 2050 р. 5,5 млрд. м³ на рік. Період експлуатації залізобетонних конструкцій становить понад 100 років, що спонукає впроваджувати каркасні конструктивні системи будівель у житлове та цивільне будівництво. Такі системи є технологічними, мають невисоку вартість, вогнестійкість, стійкість до впливу агресивного та навколишнього середовища, можуть сприймати значні статичні та динамічні навантаження. Використання збірних конструкцій надає переваги у швидкості зведення будівель, покращеній якості виготовлення та відносно низькій вартості, що обумовлює постійний попит.

Нагальна потреба у прискореному відновленні житлового фонду спонукає наукову спільноту до пошуку удосконалення сучасних збірних каркасних конструктивних систем будівель. Проведений здобувачкою аналіз показав, що найбільш перспективним способом об'єднання основних частин каркасу будівлі (колон та перекриттів) є їхнє безпосереднє з'єднання із урахуванням простоти геометричних форм та забезпеченням переваг архітектурно-планувального та технологічного характеру. Таке рішення реалізоване у вдосконаленій у НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» збірній безкапітельно-безбалковій конструктивній системі будівель. Розв'язання комплексу науково-прикладних задач, пов'язаних із забезпеченням стійкості каркасу за рахунок просторової роботи збірних плит перекриття та складного деформування колон, зменшення витрат арматурної сталі та ефективних перерізів несучих конструкцій шляхом синтезу каркасних конструктивних систем будівель є **актуальною проблемою**, яка має теоретичне та практичне значення задля відновлення житлового фонду України.

Зв'язок роботи з науковими програмами і планами, темами. Проведені дослідження є одним із етапів, виконаних на кафедрі будівельних конструкцій НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» за комплексною проблемою «Експериментально-теоретичні дослідження і розробка практичних методів розрахунків залізобетонних елементів, які працюють на складні види деформацій при короткочасній та тривалій дії навантажень».

Дисертаційна робота виконана у рамках держбюджетних прикладних науково-дослідних робіт: «Збірно-монолітна конструктивна система будівлі під соціальне житло» (держ. реєстр. №0113U000383), «Індустріальна каркасна безбалкова конструктивна система будівлі доступного житла» (держ. реєстр. №0115U002416).

Тема дисертації відповідає сучасним напрямам науково-технічної політики держави щодо енергоефективності та ресурсозбереження у будівництві згідно з розпорядженням КМУ від 17.12.2008 р. №1567-р «Про програми підвищення енергоефективності та зменшення споживання енергоресурсів» та Закону України від 11.07.2001 р. № 2623-III із змінами від 12.01.2023 р. № 2859-IX «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» та щодо впровадження нормативних документів, гармонізованих із європейськими, згідно з постановою КМУ від 23.05.2011р. №547 «Про затвердження Порядку застосування будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих з нормативними документами Європейського Союзу».

Склад і структура дисертаційної роботи. Дисертаційна робота Гарькави Ольги Вікторівни складається з анотацій (українською та англійською мовами), списку публікацій здобувача за темою дисертації, змісту, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел із 460 найменування, п'яти додатків. Загальний обсяг роботи складає 480 сторінок, з яких 340 сторінок основного тексту, 185 рисунків, 24 таблиці, 48 сторінок списку використаних джерел та 44 сторінок додатків.

Аналіз основного змісту роботи, її наукової новизни, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Представлена до захисту дисертаційна робота оформлена згідно з чинними вимогами МОН України, містить усі необхідні складові.

Зміст анотацій розкриває основні положення та характеризує зміст дисертаційної роботи.

У **вступі** обґрунтовано вибір теми дисертаційного дослідження та його актуальність; представлений зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; наведені мета та задачі дослідження; предмет та об'єкт дослідження; розкриті використані методи дослідження; наукова новизна та практичне значення результатів роботи; особистий внесок здобувача; апробація дисертаційної роботи; публікації здобувача за темою дисертації; структура і обсяг роботи.

Перший розділ дисертації присвячений історичному нарисові виникнення та застосування залізобетонних каркасних конструктивних систем будівель.

Авторці вдалося у доволі зручній формі навести особливості побудови та застосування методів розрахунку таких систем та їх конструктивних елементів, які, безумовно, зазнають впливу складного опору. Такий аналіз дозволив обґрунтувати та виявити наукову проблему щодо розробки комплексного підходу до створення та синтезу розрахункових моделей елементів збірної безбалкової каркасної конструктивної системи будівель у єдиний методологічний комплекс. У висновках до цього розділу наведені комплексні задачі, які потребують вирішення та викладені на подальших сторінках дисертації.

Моделювання напружено-деформованого стану залізобетонних елементів збірної каркасної конструктивної системи будівель з безбалковим перекриттям знайшло своє відображення на сторінках *другого розділу*.

Розроблена структурно-логічна схема вирішення науково-технічної проблеми, яка базується на двох напрямках синтезу розрахункових схем будівель, – горизонтальних та вертикальних несучих елементах просторового каркасу.

Розглянуто процеси трансформації конструктивних систем будівель та функціональний аналіз структури безбалкової конструктивної системи. Запропонований синтез розрахункових положень безбалкової конструктивної системи, показаний вплив дискової моделі перекриття на її НДС, наведені особливості роботи плит перекриттів під навантаженням на основі кінематичного способу розрахунку, розглянуте косе стискання залізобетонних колон у складі каркасу.

У *третьому розділі* роботи авторкою застосований кінематичний спосіб методу граничної рівноваги щодо розв'язку задач несучої здатності різних типів залізобетонних плит безбалкового безкапітального перекриття збірної каркасної конструктивної системи будівель. Запропоновані можливі кінематичні схеми руйнування плит без обриву арматури та з обривом арматури у прольоті. Досить цікавими та чисельно обґрунтованими є отримані схеми армування, які дозволяють економити арматурну сталь.

Слід зазначити, що у *четвертому розділі* дисертації сформульований критерій щодо обчислення розрахункових граничних значень деформацій бетону стиснутої зони у складі косо стиснутих залізобетонних колон (КСЗК) при їхньому неоднорідному деформуванні. Створені та аналітично описані моделі напружено-деформованого стану КСЗК за умов їхнього неоднорідного та однорідного деформування у граничному стані втрати несучої здатності.

П'ятий розділ дисертації присвячений удосконаленню методів розрахунку несучої здатності залізобетонних колон безбалкового каркасу при косому стисканні на засадах деформаційної моделі. Побудовані алгоритми розрахунку несучої здатності косо стиснутих колон на основі нелінійних фізико-механічних залежностей із варіюванням форм бетону стиснутої зони. Також представлені алгоритми спрощеного розрахунку несучої здатності косо стиснутих колон на основі рівномірного розподілу напружень із варіюванням форми стиснутої зони бетону. Представлені

порівняння результатів теоретичних розрахунків несучої здатності косо стиснутих залізобетонних колон із експериментальними даними.

Експериментальні випробування елементів збірної каркасної конструктивної системи будівель з безбалковим перекриттям наведені у **шостому розділі**. Розділ містить цікаві результати, які значно доповнюють дослідний банк експериментальних досліджень залізобетонних конструкцій і надають змогу перевірити запропоновані аналітичні залежності та підтвердити обрані авторкою передумови, покладені до запропонованих алгоритмів розрахунку.

Загальні висновки по роботі відображають отримані у процесі дослідження результати, підтверджують поставлені задачі та обґрунтовують наведену наукову новизну.

У **додатках** наведені: список публікацій здобувачки за темою дисертації; довідки про впровадження результатів дисертації; розрахунок несучої здатності елементів збірного безкапітельно-безбалкового каркасу 16-поверхової будівлі; приклади практичного впровадження розроблених методик розрахунку несучої здатності залізобетонних елементів; скінченно-елементне моделювання дослідних випробувань збірних плит безкапітельно-безбалкового перекриття.

Наукову новизну дисертаційного дослідження складають:

→ **вперше:**

- структурований процес синтезу каркасних конструктивних систем будівель із залізобетону, що дозволило їх вдосконалити та запропонувати уточнені методи розрахунку несучих складових елементів;

- запропонований критерій міцності косо стиснутих залізобетонних колон збірної каркасної безкапітельно-безбалкової конструктивної системи будівель за різного виду деформування та умов роботи армування у пружній стадії;

- побудовано діаграму розрахункових значень граничних фібрових деформацій бетону на основі сформульованого критерію міцності косо стиснутих колон та умов роботи армування у пружній стадії, що дозволяє проєктувати залізобетонні конструкції з оптимальним відсотком арматури;

- виявлені характерні форми руйнування та особливості напружено-деформованого стану елементів збірної каркасної безкапітельно-безбалкової конструктивної системи будівель, які експериментально підтверджують запропоновані аналітичні моделі руйнування та алгоритми розрахунків несучої здатності;

→ **удосконалено:**

- основні положення розрахунку збірної каркасної безкапітельно-безбалкової конструктивної системи будівель, які забезпечують їхнє економічно ефективне проєктування;

- дискову модель деформування збірного безкапітельно-безбалкового перекриття з урахуванням сумісної роботи плит, що дозволило виявити резерви їх несучої здатності;

→ **набув подальшого розвитку:**

– кінематичний спосіб застосування методу граничної рівноваги у розробці алгоритмів несучої здатності плит збірного безкапітельно-безбалкового перекриття з уточненням умов їхнього закріплення та врахуванням обриву армування у прольоті.

Практичне значення роботи полягає у її використанні при підготовці нової редакції національного стандарту України ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону».

Запропонована методика випробування та розрахунку несучої здатності залізобетонних плит використана та застосована у низці будівельних об'єктів. Методика розрахунку несучої здатності косо стиснутих колон на основі нелінійної деформаційної моделі дозволила більш точно визначити необхідну кількість робочого армування на прикладі багатоповерхового каркасу житлового будинку в м. Кременчук.

Сформульовані критерії міцності залізобетонних елементів за результатами експериментальних випробувань зразків арматури дозволили врахувати збільшення напружень в арматурі у складі залізобетонних конструкцій при визначенні їх несучої здатності.

Отриманий патент України на корисну модель №93195 «Індустріальний безкапітельно-безбалковий каркас будівлі доступного житла».

Результати виконаних досліджень впроваджено у науково-дослідні роботи кафедри будівельних конструкцій, які виконувалися за рахунок коштів загального фонду державного бюджету.

Отже, слід зауважити, що результати наукових досліджень, отриманих у дисертації, були впроваджені при розробці нормативної документації, у практику будівництва цілої низки об'єктів, державну науково-дослідну тематику та у навчальний процес за трьома рівнями здобуття вищої освіти.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи забезпечується використанням фундаментальних закономірностей опору матеріалів, теорії пружності та пластичності, будівельної механіки, теорії залізобетону, співставленням отриманих даних з експериментальними результатами та чисельними результатами, а також статистичною обробкою отриманих результатів.

Основні наукові положення і висновки дисертаційної роботи апробовані і пройшли обговорення на багатьох всеукраїнських та міжнародних науково-технічних конференціях (2014–2025 рр.). У повному обсязі дисертаційна робота доповідалась на наукових фахових семінарах у провідних ВНЗ України, які мають спеціалізовані вчені ради за спеціальністю 05.23.01 протягом квітня 2024 – березня 2025 рр..

Повнота викладу матеріалів роботи в опублікованих працях.

Основні результати дисертаційної роботи викладені у 60 наукових працях: двох дисертаціях, серед яких одна одноосібна, 22 статтях у фахових виданнях України, 13 – у виданнях інших держав (11 з яких у виданнях, проіндексованих НМБД Scopus), 1 патенті України на корисну модель, 1 статті в іншому збірнику, 21 друкованій тезі за матеріалами міжнародних

науково-технічних конференцій.

Аналіз публікацій Гарькави О.В. свідчить, що вони всебічно і достатньо повно висвітлюють наукові положення, висновки та рекомендації, які знайшли своє відображення у дисертації.

Зміст реферату і основних положень дисертації є ідентичним та у достатній мірі висвітлює її наукові положення, висновки і рекомендації.

У докторській дисертації не використовувались матеріали кандидатської дисертації.

Відповідність дисертації та реферату встановленим вимогам.

Дисертація і автореферат Гарькави Ольги Вікторівни викладені на достатньому науково-технічному рівні і оформлені у відповідності з вимогами щодо структури і правил оформлення документації у сфері науки і техніки. Дисертаційна робота **відповідає** паспорту спеціальності 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Важливість отриманих автором дисертації результатів для науки і практики

Основним результатом дисертаційної роботи є вирішення актуальної науково-технічної проблеми синтезу каркасних конструктивних систем будівель зі створенням на його основі єдиного методологічного комплексу розрахунків несучої здатності елементів збірної каркасної безкапітельно-безбалкової конструктивної системи будівель у галузі будівництва.

Впровадження результатів роботи використані при підготовці нової редакції національного стандарту України ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування».

Результати досліджень знайшли застосування у звітній документації за держбюджетними темами, пов'язаними з енергоефективними конструктивними рішеннями елементів житлових і громадських будівель та споруд цивільного захисту; удосконаленні збірної каркасної конструктивної системи будівель, яке захищено патентом України на корисну модель; чисельних об'єктах промислового і цивільного будівництва на теренах України у розрізі визначення несучої здатності косо стиснутих колон, визначенні залишкової несучої здатності колон збірного в'язевого залізобетонного каркасу, урахуванні збільшення напружень в арматурі у складі залізобетонних конструкцій при визначенні їх несучої здатності тощо.

Також результати дисертаційної роботи впроваджено у навчальний процес НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», зокрема у навчальні дисципліни усіх трьох рівнів здобуття вищої освіти за спеціальністю G19 (192) «Будівництво та цивільна інженерія».

Особистий внесок автора. Основні результати дисертаційної роботи одержані дисертанткою самостійно. Участь авторки у спільних публікаціях відображена на стор. 34–41 автореферату та на стор. 437–447 (додаток А) дисертаційної роботи.

Особистий внесок здобувача полягає у:

– побудові структури процесу синтезу каркасних конструктивних систем будівель із залізобетону, що дозволило вдосконалити такі системи та

запропонувати уточнені методи розрахунку несучих елементів;

- отриманні критерію міцності косо стиснутих залізобетонних колон збірної каркасної безкапітельно-безбалкової конструктивної системи будівель за дії різного виду деформування та умов роботи армування у пружній стадії;

- отриманні діаграми розрахункових значень граничних фібрових деформацій бетону на основі сформульованого критерію міцності косо стиснутих колон та умов роботи армування у пружній стадії, що дозволяє проєктувати залізобетонні конструкції з оптимальним відсотком арматури;

- отриманні характерних форм руйнування та особливостей напружено-деформованого стану елементів збірної каркасної безкапітельно-безбалкової конструктивної системи будівель, які експериментально підтверджують запропоновані аналітичні моделі руйнування та алгоритми розрахунків несучої здатності;

- удосконалення основних положень розрахунку збірної каркасної безкапітельно-безбалкової конструктивної системи будівель, які забезпечують їхнє економічно ефективне проєктування;

- удосконаленні дискової моделі деформування збірного безкапітельно-безбалкового перекриття з урахуванням сумісної роботи плит, що дозволило виявити резерви їхньої несучої здатності;

- подальшому розвитку кінематичного способу застосування методу граничної рівноваги у розробці алгоритмів несучої здатності плит збірного безкапітельно-безбалкового перекриття з уточненням умов їхнього закріплення та врахування обриву армування у прольоті.

Викладені в дисертаційній роботі ідеї, основні положення, теоретичні розробки та практичні результати отримані авторкою самостійно.

Зауваження до змісту дисертації та реферату дисертації.

1. Досить цікавим є проведений огляд-аналіз основних етапів розвитку та вдосконалення експериментальних та теоретичних досліджень залізобетонних конструктивних систем будівель та їх елементів, але на перших сторінках наводяться здобутки, починаючи з XIX століття. Саме тому обсяг першого розділу є дещо завищеним і складає 72 сторінки.

2. Кількість задач, наведених авторкою на стор. 110–111 дисертації не співпадає із кількістю загальних висновків. Хоча зроблені висновки доволі конкретно розкривають усі задачі, що були поставлені у роботі.

3. Питанням оцінювання несучої здатності залізобетонних конструкцій займався багато провідних вчених, але на стор. дисертації досить стисло відображений аналіз цілої плеяди провідних наукових шкіл за обраною темою: проф. Барашикова А.Я., Бабича Є.М., Бліхарського З.Я., Бамбури А.М., Голишева О.Б., Городецького О.С., Дорофєєва В.С., Колчунова В.І., Клименка Є.В., Карпюка В.М. та ін. Слід зауважити, що авторці вдалося заглибити читача у науковий екскурс полтавської наукової школи проф. М.С. Торяника, П.Ф. Вахненка (зараз яку очолює проф. А.М. Павліков). Слід відмітити, що наукові праці перерахованих вчених знайшли своє відображення у вельми насиченому списку використаних джерел.

4. На рис. 2.1., стор. 113 дисертації, зображена структурно-логічна схема дослідження каркасних конструктивних систем будівель. Не є зрозумілим відсутність на схемі впровадження результатів: державного стандарту України ДСТУ Б В.2.6-156:2010 та практичних алгоритмів розрахунку визначення несучої здатності залізобетонних конструкцій, які наведені у додатках В–Д дисертаційної роботи.

5. На сторінках другого розділу дисертації здобувачкою побудована чисельна модель щодо вивчення впливу податливості вузлів з'єднання збірних елементів безкапітельно-безбалкового перекриття каркасної конструктивної системи будівель на перерозподіл внутрішніх зусиль, а також зміну їх максимальних значень. Моделювання проведено за допомогою ПК RFEM6.04.0008. Потребує додаткових пояснень створена модель: який тип скінченних елементів використовувався для моделювання бетону, арматурної сітки; який закон деформування приймався (спрошені білінійні діаграми); граничні умови роботи СЕ; яким чином моделювався пластичний шарнір? На рис. 2.16 та 2.17 (стор. 140 та 141) бажано було б вказати одиниці вимірювання згинальних моментів, хоча б у підпису до рисунку.

6. Здобувачка довела доцільність застосування площини дії пластичних шарнірів у запропонованих алгоритмах визначення несучої здатності всіх типів залізобетонних плит безкапітельно-безбалкового перекриття збірної каркасної конструктивної системи будівель. Запропоновані рівняння містять лише геометричні параметри конструкцій та зусилля, які можуть виникати у небезпечних перерізах, тобто враховують лише геометричну та конструктивну нелінійність. Чи є можливим, на думку авторки, застосувати запропоновані алгоритми у подальшому із урахуванням фізичної та генетичної нелінійностей?

7. У табл. 6.4, стор. 343 дисертації наведено порівняння експериментальних даних (руйнівного навантаження під час проведення випробувань збірних плит) з результатами розрахунків за кінематичним способом методом граничної рівноваги та за допомогою чисельного моделювання у ПК RFEM6.04.0008. Чому, на думку авторки, похибка середньої збірної плити ПС-1 становить 48,1 та 50,2% відповідно у порівнянні із експериментальними значеннями?

8. Вельми цікавими є запропоновані алгоритми визначення параметрів напружено-деформованого стану залізобетонних колон збірної каркасної безкапітельно-безбалкової конструктивної системи будівель, які зазнають косого стискання. У роботі наведені розрахункові схеми позacentрово стиснутих залізобетонних колон із зусиллям N_{Ed} , яке прикладене із малим ексцентриситетом, тобто $(e_0/d) \leq 0,4$. Чи можна використовувати запропоновані алгоритми у випадках дії зусилля N_{Ed} , яке буде прикладене із ексцентриситетом $(e_0/d) > 0,4$.

9. У шостому розділі роботи представлені експериментальні дослідження залізобетонних конструкцій, що входять до складу каркасної безкапітельно-безбалкової конструктивної системи будівель. Бажано було б систематизувати дослідні зразки в окрему таблицю, що дозволило б одразу

оцінити обсяг проведених авторкою експериментів. Чи використовувалася база експериментів інших авторів задля перевірки запропонованих авторкою алгоритмів визначення несучої здатності ЗБК?

10. Бажано було б, окрім наведених конструктивних схем, армування, схем випробовування тощо, представлених на сторінках шостого розділу дисертації, показати хоча б декілька картин утворення, подальшого розповсюдження та ширини розкриття тріщин дослідних зразків колон та плит. Це значно б доповнило наявний експериментальний матеріал.

11. Зі змісту дисертації не є зрозумілим, чи виконувалося дублювання показів механічних приладів (індикаторів годинникового типу) із показами тензорезисторів?

12. Перелік використаної літератури складається зі 460 джерел, із яких понад 127 джерел є віком старше 25 років, що становить понад 28%.

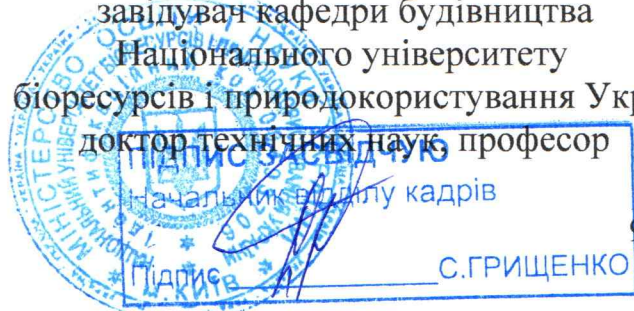
Слід зауважити, що список містить достатню кількість сучасних статей із провідних іноземних фахових видань, які індексуються Scopus та WoS, що доводить його наукову значимість та актуальність.

Загальна оцінка дисертаційної роботи та висновок щодо відповідності дисертації вимогам Міністерства освіти і науки України

Зроблені зауваження не знижують як теоретичного, так і практичного загальнонаціонального значення дисертаційної роботи та можуть бути враховані при проведенні подальших наукових досліджень. Вважаю, що за обсягом проведених теоретичних і експериментальних досліджень та їх науковим рівнем, важливістю теоретичних і прикладних результатів, повнотою опублікування, – дисертаційна робота Гарькави Ольги Вікторівни на тему: «Синтез каркасних конструктивних систем будівель та основи розрахунку їх елементів» є завершеною науковою працею. У роботі розв'язано науково-технічну проблему створення методологічного комплексу визначення несучої здатності елементів збірної каркасної безкапітельно-безбалкової конструктивної системи будівель на основі синтезу каркасних конструктивних систем.

Дисертаційна робота відповідає вимогам Наказу МОН України №40 від 12 січня 2017 року «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (зі змінами) та кваліфікаційним вимогам пунктів 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України №1197 від 17 липня 2021 року (зі змінами), а її авторка, Гарькава Ольга Вікторівна, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.23.01 – будівельні конструкції, будівлі та споруди.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри будівництва
Національного університету
біоресурсів і природокористування України,
доктор технічних наук, професор



Ігор ЯКОВЕНКО