

ISSN 1996-8159



ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ

4'(72)2025

З новим роком!



4 (72) 2025

ПРОМИСЛОВЕ БУДІВНИЦТВО ТА ІНЖЕНЕРНІ СПОРУДИ

Виходить 4 рази на рік

Заснований у листопаді 2007 року

ЗАСНОВНИК
ТОВ «УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ
імені В. М. ШИМАНОВСЬКОГО»
Рішення Нацради з питань телебачення
і радіомовлення № 1367 від 25.04.2024 р.
щодо реєстрації суб'єкта у сфері
друкованого медіа.
Ідентифікатор медіа R 30-03481

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР

Адріанов В. П.

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР

Лукашевич Т. І.

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Абрашкевич Ю. Д., д. т. н., проф.

Бабій К. В., член-кор. НАНУ, д. т. н.

Білик С. І., д. т. н., проф.

Гайдайчук В. В., д. т. н., проф.

Голоднов О. І., д. т. н., проф.

Гордєєв В. М., д. т. н., проф.

Єгоров Є. А., д. т. н., проф.

Кваша В. Г., д. т. н., проф.

Лапенко О. І., д. т. н., проф.

Лобанов Л. М., академік НАНУ,

д. т. н., проф.

Махінко А. В., д. т. н., проф.

Оглобля О. І., д. т. н., проф.

Онищенко А. М., д. т. н., проф.

Пічугін С. Ф., д. т. н., проф.

Шимановський О. В., член-кор. НАНУ,

д. т. н., проф.

МІЖНАРОДНА РЕДАКЦІЙНА РАДА на 2025 — 2026 роки

Абель Д., д. т. н., проф. (США)

Агош З., д. т. н., проф. (Словаччина)

Баран В., д. т. н., проф. (Польща)

Белоев М., к.т.н. (Болгарія)

Бредфорд М., д. т. н., проф. (Австралія)

Булат А., академік НАНУ, д. т. н., проф. (Україна)

Грінченко В., академік НАНУ, д. т. н., проф. (Україна)

Ібрахімбегович А., д. т. н., проф. (Франція)

Кавагучі К., д. т. н., проф., віце-президент IASS (Японія)

Като Ш., д. т. н., проф. (Японія)

Кінаш Р., д. т. н., проф. (Польща)

Лазаро К., д. т. н., проф., президент IASS (Іспанія)

Махачек Й., д. т. н., проф. (Чехія)

Новак А., д. т. н., проф. (США)

Розерт Х., д. т. н., проф. (Німеччина)

Салінас Х., д. т. н., проф. (Мексика)

Семко В., д. т. н., проф. (Польща)

Спарлінг Б., д. т. н., проф. (Канада)

Тулебаєв К., д. т. н., проф. (Казахстан)

ЗМІСТ

МОСТОВІ СПОРУДИ

Шимановський О. В., Сташук П. М., Б.П. Кобернюк

ТЕХНІЧНИЙ СТАН ВАНТІВ ПІВДЕННОГО МОСТА

ЧЕРЕЗ р. ДНІПРО В м. КИЄВІ.2

ЦИФРОВІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ

Махінко А. В., Скляренко С. О., Борт О. В.

ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЄДЕССБ ЗА НАПРЯМОМ УПОРЯДКУВАННЯ

ПРОЄКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ.6

ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД

Dariusz Czerpizak (Даріуш Чепіжак), Adam Machowiak (Адам Маховяк)

ЕФЕКТИВНЕ ПРОЄКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ СТРИЖНЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

ІЗ УРАХУВАННЯМ ДЕПЛАНАЦІЇ ПЕРЕРІЗУ15

НАУКА — ВИРОБНИЦТВУ

Гук Я. С., Радиш І. П., Найбауер І. Ф., Новак Е. Й.

РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ ВОЛОВЕЦЬКОГО І МІЖГІРСЬКОГО РАЙОНІВ

ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ УКРАЇНИ ЗА МАКСИМАЛЬНОЮ ГЛИБИНОЮ

ПРОМЕРЗАННЯ ҐРУНТУ26

АБРАЗИВНІ ІНСТРУМЕНТИ

Абрашкевич Ю. Д., Марченко О. А., Поліщук А. Г., Човнюк О. В.

РІЗАННЯ МЕТАЛОПРОКАТУ АБРАЗИВНИМИ АРМОВАНИМИ КРУГАМИ37

АТЕСТАЦІЯ НАУКОВИХ УСТАНОВ

Адріанов В. П.

УЧАСТЬ УКРАЇНСЬКОГО ІНСТИТУТУ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ

ІМЕНІ В. М. ШИМАНОВСЬКОГО У ПРОВЕДЕННІ ДЕРЖАВНОЇ АТЕСТАЦІЇ

НАУКОВИХ УСТАНОВ42

ТЕХНІЧНИЙ СТАН ВАНТІВ ПІВДЕННОГО МОСТА ЧЕРЕЗ р. ДНІПРО В м. КИЄВІ

Південний міст через річку Дніпро в м. Києві запроєктовано Київською філією Державного інституту з проектування і вишукування автомобільних доріг «Союздорпроект» під керівництвом головного інженера проекту Г. Б. Фукса і призначено для автомобільного та пішохідного руху, а також проїзду потягів метрополітену. Будівництво моста тривало 7 років і було завершено у 1990 році. У цьому ж році міст було прийнято в постійну експлуатацію для автомобільного та пішохідного руху. У 1992 році після спеціального обстеження по мосту було відкрито рух потягів метрополітену (рис. 1).

Міст був запроєктований за чинними на той час технічними умовами [1] із урахуванням перспектив розвитку транспортної інфраструктури на вертикальні рухомі навантаги від колони автомобілів за схемою Н-30 та одиничної навантаги від автомобіля за схемою НК-80 із орієнтовною інтенсивністю руху в межах 20 тис. автомобілів на добу, а також на навантаги від п'ятивагонних потягів метрополітену.

Південний міст загальною довжиною 1256 м — це споруда з однопілонною вантовою сталевую проговою будовою з вантовим прогоном завдовжки 439,0 м, двопроговою залізобетонною коробчастою будовою (анкерна частина вантового прогону) завдовжки 119,5 м та дев'ятипроговою залізобетонною коробчастою спорудою завдовжки 661,5 м.

Сталеві вантові прогони будови та залізобетонні вантові анкерні прогони примикають до пілона. Сталева балка жорсткості Південного моста складається із двох тристінчастих коробчастих балок, що симетрично розташовані відносно поздовжньої осі моста (рис. 2, а), по яких влаштовано автопроїзди для шести колон автотранспорту по три з кожного боку. Загальна ширина балки



О. В. Шимановський,
генеральний директор
ТОВ «Український інститут
сталевих конструкцій
імені В. М. Шимановського»,
член-кореспондент НАН України,
лауреат Державної премії
України в галузі науки і техніки,
заслужений діяч науки і техніки
України, д. т. н, професор



П. М. Сташук,
директор ТОВ «Діагностика
та інжиніринг мостів», к. т. н.



Б. П. Кобернюк,
начальник Комунального
підприємства по ремонту
та утриманню мостів і шляхів
м. Києва «Київавтошляхміст»

жорсткості дорівнює 41,6 м. Коробчасті балки об'єднані сталевую ортотропною плитою, на якій розташовано дві колії метрополітену. Всередині великих коробок балок розміщені трубопроводи — по одному в кожній коробці, а всередині малих коробок балок влаштовано анкерні кріплення вантів.

Залізобетонні прогони Південного моста в поперечному перерізі складаються з трьох коробчастих балок із попередньо напруженим армуванням (рис. 2, б). Коробчасті балки об'єднані між



Рис. 1. Панорамний вигляд Південного моста

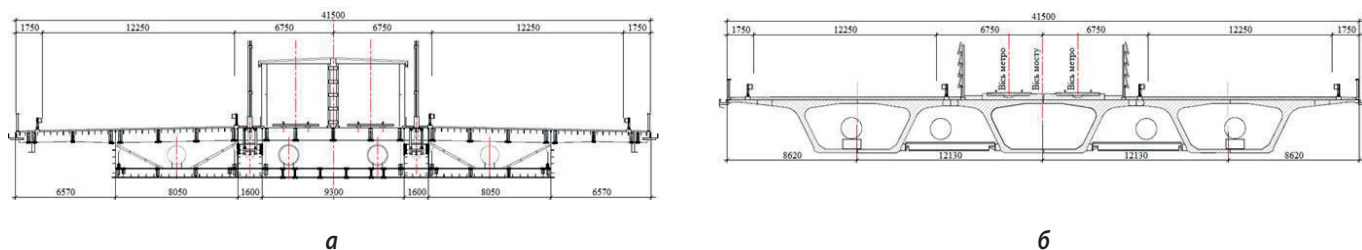


Рис. 2. Поперечний переріз балки жорсткості Південного моста:

а — на сталевих прогонах; б — на залізобетонних прогонах

собою по верхніх плитах. Над середньою балкою розміщено дві колії метрополітену, а над крайніми — автопроїзди та пішохідні тротуари.

Пілон моста виконано з монолітного залізобетону, а його ноги розташовані в зонах між автопроїздами та метропроїздом. Вершина пілона знаходиться на висоті 110 м від рівня проїзду. В рівні проїздів поперечний переріз ніг пілона становить 2×5 м, причому задля зменшення їх гнучкості поперек моста є горизонтальні розпірки, що утворюють раму.

Також варто зазначити, що вантова система Південного моста є двоплощинною, кожна з яких розташована в зоні між автопроїздами і метропроїздом. Ванти, що йдуть у бік головного прогону, мають горизонтальну орієнтацію канатів, а в бік залізобетонної частини — вертикальну. Ванти моста сформовані з пари витих закритих канатів діаметром 62 мм кожен, об'єднаних між собою стяжними пристроями й гасниками коливань. Канати вантів виготовлені згідно з вимогами [3]. Модуль деформації канатів в діапазоні робочих навантаж прийнятий $17,3 \times 10^6$ т/м². В поперечному перерізі канат складається з чотирьох шарів Z-подібних дротин та чотирьох шарів круглих дротин, отже в канаті загалом налічується 154 дротини за схемою 1×154 ($1+7+7/7+14+20Z+28Z+32Z+38Z$). Зовні канати вкриті захисним цинковим і фарбовим покриттям. Внутрішні дротини канатів без захисного покриття.

Вузли анкерування вантів у сталевій балці жорсткості розміщені в малих коробках. Коробки разом із вузлами повністю виготовлялись на заводі. Вузли розташовані в 12 групах по три через 2,5 м за довжиною балки. Відстань між групами вантів — 10,0 м. У кожному ванті налічується по 2 канати. Загальна кількість канатів у сталевій балці жорсткості — 144 шт. Канати вантів оперті через систему шайб і нахилені по осі вантів траверсних балок. Траверсні балки за допомогою фланцевих кутників прикріплені до стінок коробок

на високоміцних болтах М24. На поясах траверсних балок встановлена опорна шайба, в якій утворено отвір для пропуску анкера і сферичної випуклої шайби. Між сферичною випуклою шайбою і торцем анкера встановлені пакети роз'ємних шайб задля коректування довжини канату. На поверхні коробки встановлено кожух, в якому розташовано дубовий вкладиш, що фіксує положення вантів і не допускає коливань у зоні анкерування.

За останні 10 років комплексне спеціальне обстеження моста виконувалось у 2017, 2021 та у 2025 роках. За результатами обстеження 2025 року встановлено, що канати вантів Південного моста містять дефекти та пошкодження, що знижують їх довговічність та несну здатність. За результатами обстеження згідно з нормами [2] експлуатаційний стан вантів відповідає стану 4 (обмежено працездатний).

Що ж безпосередньо стосується характеристики дефектів і пошкоджень вкажемо на наступне. При огляді канатів на ділянці між пілоном і прогоновими будовами виявлено сліди корозії та пошкодження захисного покриття. Стяжки між канатами знаходяться в проектному положенні. Проте канати вантів у пілоні проходять через канали в тілі пілона, через що ця ділянка не доступна для візуального огляду. Всі анкери канатів і виходи канатів закриті захисними ковпаками. На виході канатів із каналів слідів іржі не виявлено. Упорні площадки вантів у пілоні перебувають у задовільному стані, слідів іржі також не виявлено.

Канати вантів в залізобетонних вантових прогонових будовах проходять через канали в верхній плиті прогонових будов 9–11 і ця ділянка не доступна для візуального огляду. Анкери канатів опираються на упори, що розташовані на нижній поверхні плити. Місця входу в канали закриті захисними гумовими ковпаками. На вході в канали на канатах вантів слідів іржі не виявлено. Однак сліди іржі містять циліндричні сталеві



Рис. 3. Сліди іржі та протікання мастила в анкерах канатів вантів на залізобетонних прогонах

обойми упорів на верхній частині плити. Упорні площадки вантів у залізобетонних вантових прогонових будовах в цілому в задовільному стані. Частина анкерів містять сліди іржі та протікання мастила (рис. 3).

В сталеві прогонові будови канати проходять через вікна, що розташовані у верхній ортотропній плиті малих коробок балки жорсткості. Місця входу канатів закриті металевими кожухами квадратного січення, що прикріплені до ортотропної плити болтами. Гумових ковпаків, що закривають вхід у кожух, немає. Герметизація на вході канатів виконана встановленням дерев'яних вкладишів, на поверхню яких нанесено герметик. Однак стан герметизації незадовільний, внаслідок чого практично у всіх місцях герметик пропускає воду. На нижній грані дерев'яних вкладишів для фіксації положення вантів і канатів вантів присутні сліди іржі та просочування води. Сліди іржі виявлені практично на усіх канатах в сталевій балці жорсткості. Особливе занепокоєння викликає повне корозійне руйнування окремих дротин частини канатів, але на даний час це лише дротини зовнішнього шару канатів, що знаходяться в контакт

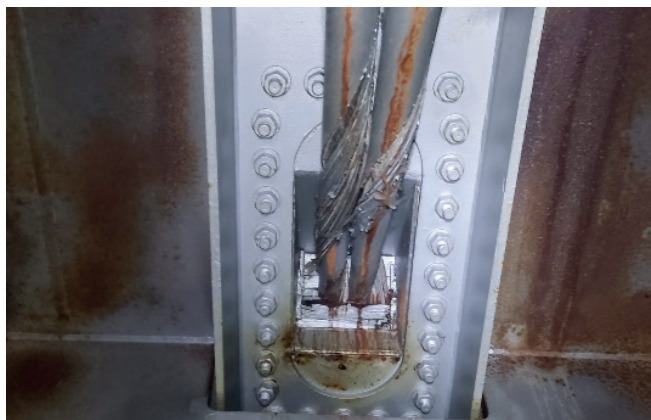


Рис. 4. Стан захисних кожухів і руйнування дротин зовнішнього шару канатів вантів

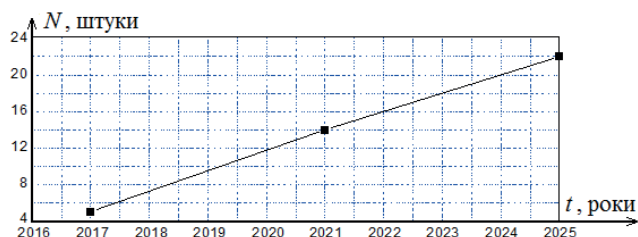


Рис. 5. Графік зміни кількості канатів із обривами в залежності від часу

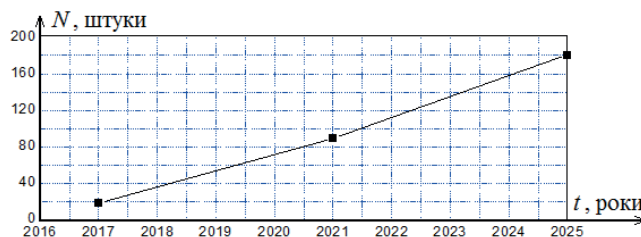


Рис. 6. Графік зміни кількості дротин із обривами в залежності від часу

із дерев'яними вкладишами (рис. 4). В подальшому, через відсутність антикорозійного покриття внутрішніх дротин канатів, корозія, радше за все, вразить їх.

Загальна тенденція щодо накопичення пошкоджень у канатах вантів сталеві частини Південного моста за результатами обстежень 2017, 2021 і 2025 років висвітлена на рисунках 5, 6.

Висновки. Результати обстежень 2017, 2021 і 2025 років засвідчують, що кількість пошкоджених дротин у канатах вантів, а також кількість самих канатів вантів із корозійними пошкодженнями постійно збільшується. Останнє викликано як порушенням антикорозійного захисного шару, так і дефектами конструкцій вводу канатів вантів у сталеві прогонові будови. Ба більше, конструкція канатів вантів не має внутрішньої ізоляції, а покриття, яке було нанесене при їх виготовленні, зазнало природного старіння, що призвело до виникнення відкритих пустот між дротинами вантів. Даний фактор теж впливає на збільшення

кількості пошкоджень канатів вантів і з плином часу прогнозована кількість пошкоджень буде лише збільшуватись. Зазначимо, що заміна навіть декількох вантів потребує виконання доволі значного комплексу робіт із облаштування пілона і балки, обмеження руху автотранспорту, влаштування захисного накриття над коліями метрополітену, розроблення, виготовлення та влаштування спеціальних допоміжних конструкцій. Поневаж кількість пошкоджень із кожним роком невпинно збільшується і надалі ця тенденція повсякчас буде тільки зростати, доцільно розглянути можливість заміни всіх канатів вантів моста на нові з сучасною конструкцією, що мають внутрішній антикорозійний захист.

Стан канатів вантів Південного моста потребує проведення невідкладного капітального ремонту за спеціальним проектом, розроблення якого займе певний час, однак вже зараз необхідне проведення робіт із метою сповільнення процесу деградації канатів вантів.

- [1] СН 200–62. Технические условия проектирования железно-дорожных, автодорожных и городских мостов и труб. — Москва: Государственный комитет совета министров СССР по делам строительства, 1962. — 328 с.
- [2] ДСТУ 9181:2022. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. — Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. — 52 с.
- [3] ТУ 14–4–1216–82. Канаты стальные оцинкованные спиральные закрытой конструкции. — Москва: Министерство черной металлургии СССР, 1982. — 16 с.

Стаття надійшла 31.10.2025 р.

ШЛЯХИ ОПТИМІЗАЦІЇ ЄДЕССБ ЗА НАПРЯМОМ УПОРЯДКУВАННЯ ПРОЄКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Анотація. У статті наведено огляд функціонування єдиної державної електронної системи у галузі будівництва із точки зору завантаження та впровадження проєктної документації. Основною метою її функціонування є створення, прийняття, обробка, зберігання, надання інформації у сфері будівництва, а також електронна взаємодія між фізичними/юридичними особами, державними органами, органами місцевого самоврядування, центрами надання адміністративних послуг. Висвітлені основні цілі та призначення діяльності, передбачені розробниками та відповідальними органами. Наведені відповідні посилання на законодавчу базу і період розвитку, орієнтовні статистичні дані щодо результатів роботи системи протягом п'яти років: кількість користувачів, орієнтовні обсяги документації. Статистичні дані свідчать про широке впровадження ЄДЕССБ у проєктну та інжинірингову діяльність. Згідно з аналізом вітчизняних публікацій виявлено основні зауваження до результатів її впровадження. Проблеми діяльності доповнено першопричинами подібного ставлення учасників будівельного процесу. На основі власної проєктної діяльності детально описані конкретні зауваження до процесу завантаження проєктної документації із практичними рекомендаціями щодо можливих напрямів коригування. Окремо розглянуті шляхи поліпшення зручності роботи із системою, скорочення терміну заповнення інформації, спрощення роботи відповідального інженера.

Abstract. This article provides an overview of the functioning of the unified state electronic system in the field of construction from the viewpoint of uploading and processing project documentation. The main purpose of its functioning is to create, accept, process, store, and provide information in the field of construction, as well as electronic interaction between individuals/legal entities, state bodies, local self-government bodies, and administrative service centers. The main goals and purposes of the system, as envisaged by its developers and responsible authorities, are highlighted. Relevant references to the legislative framework and the development period are given. Approximate statistical data on the results of the system's operation over five years are given: the number of users, approximate volumes of documentation. Analysis of statistics indicates the widespread implementation of the Unified State Electronic System in the field of Construction in design and engineering activities. Based on the results of the analysis of domestic publications, an analysis of the main comments on the results of its implementation was performed. The problems of activity are supplemented with the root causes of such an attitude of participants in the construction process. Based on our own project activities, specific comments on the process of uploading project documentation are described in detail with practical recommendations on possible areas of adjustment. Separately, ways to improve the convenience of working with the system, reduce the time for filling in information, and simplify the work of the responsible engineers are considered.

Ключові слова: єдина державна електронна система у сфері будівництва, ЄДЕССБ, проєкт, головний інженер проєкту, технічна документація.

Постановка проблеми. ЄДЕССБ — це єдина державна електронна система у сфері будівництва, тобто загальнонаціональна інформаційно-телекомунікаційна система, яка об'єднує містобудівний кадастр та інші підсистеми. У більш широкому розумінні система призначена для охоплення життєвого циклу об'єкта будівництва — від отримання містобудівних умов та обмежень до реєстрації прав на нерухомість. Система має на меті впровадження цифрової взаємодії, уникнення паперового документообігу, підвищення прозорості та контролюваності будівельної діяльності. У висновках висвітлені кроки із подальшого розвитку системи.

Основні цілі та призначення ЄДЕССБ:

- упорядкувати процес будівництва в Україні шляхом централізації інформації;
- забезпечити максимальну публічність інформації у сфері будівництва, що сприяє прозорості й зменшенню корупційних ризиків;
- надати можливість онлайн отримання адміністративних послуг у сфері будівництва, мінімізувати паперовий документообіг і знизити часові витрати;



А. В. Махінко,
завідувач кафедри «Комп'ютерні технології будівництва»
Державного університету
«Київський авіаційний інститут»,
д.т.н., професор,
ORCID: 0000-002-9147-7087



С. О. Склярєнко,
директор базової організації
у будівництві ПП «Полтава-
проект», к.т.н., доцент,
ORCID: 0000-002-3929-4240



О. В. Борт,
співзасновник, головний інженер
ТОВ «Науково-дослідний інститут
«Полтава-проект», к.т.н.,
ORCID: 0009-0001-5320-8425

- фіксувати всі документи, етапи, зміни, правовідносини, пов'язані з будівництвом (дозволи, паспорти об'єкта, інвентаризації тощо) у єдиній системі;
- інтегруватися з іншими державними реєстрами (земельний кадастр, реєстр речових прав, інші електронні ресурси) для забезпечення автоматизації, взаємообміну даними та підвищення ефективності.

Аналіз останніх досліджень. Законодавча база поняття «Єдина державна електронна система у сфері будівництва» закріплена в Законі України «Про регулювання містобудівної діяльності» [1]. https://zakon.rada.gov.ua/laws/terms/47442?utm_source=chatgpt.com Крім того, важливим для діяльності системи є Закон України № 199ІХ «Про внесення змін до деяких законодавчих актів щодо удосконалення порядку надання адміністративних послуг у сфері будівництва і створення Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва» [2]. Впровадження системи відбувалось поетапно — із початку 2020 до кінця 2022 року. Повноцінно система почала функціонувати та набула статусу обов'язковості для учасників будівельної галузі (дозвільні та реєстраційні функції) після того, як відповідний закон набув чинності з 01.12.2019 р.

Орієнтовно можна навести наступні **кількісні дані** щодо кількості проєктів та користувачів, які нею користуються:

- станом на 21 липня 2025 р. система працює вже п'ять років. Зареєстровано 7,5+ млн документів [8];
- орієнтовна кількість користувачів — до 140 000 (архітектори, інженери-проектувальники, органи контролю, забудовники) [7];
- лише за перший квартал 2025 р. до системи долучилось понад 7 000 професійних користувачів; https://mindev.gov.ua/news/za-i-kvartal-2025-roku-do-iedessb-doluchylosia-ponad-7-tysiach-profesiinykh-korystuvachiv?utm_source=chatgpt.com
- у І кварталі 2025 р. зареєстровано 165+ тис. відомостей про технічну інвентаризацію; 32 + тис. дозвільних документів; 7,6 тис. проєктних документів; 6,8 тис. будівельних паспортів; видано 4,7 тис. містобудівних умов і обмежень. [5] https://mindev.gov.ua/news/za-i-kvartal-2025-roku-do-iedessb-doluchylosia-ponad-7-tysiach-profesiinykh-korystuvachiv?utm_source=chatgpt.com

Хоча система має багато переваг, у публічних матеріалах і аналітичних дописах вказуються

її певні недоліки. До основних положень критики та зауважень (описаних узагальнено на основі публікацій, аналітики та досвіду користувачів) можна віднести наступне.

Складність і незрозумілість інтерфейсу/процедур — для багатьох користувачів (збудовників, проєктувальників) система досі є складною, потребує навчання, часто виникають технічні помилки чи невідповідності в документації [7]. Здебільшого дані відгуки відносяться до етапів становлення системи та її модернізації. https://mindev.gov.ua/news/za-i-kvartal-2025-roku-do-iedessb-doluchylosia-ponad-7-tysiach-profesiinykh-korystuvachiv?utm_source=chatgpt.com

Нерівномірність наповнення і доступності даних — регіони чи ЦНАПи мають різний рівень готовності; не всюди дані оновлюються або введені вчасно, що може затримувати будівельний процес. Особливо ці проблеми були відчутними при верифікації перших користувачів — проєктувальників, які потребували підтвердження даних із гільдій проєктувальників чи спілки архітекторів.

Затримки під час оброблення та переходу на цифровий формат — хоча система призначена для швидкого онлайн сервісу, на практиці ще трапляється необхідність використання паперових документів, що нівелює очікування «зручно й швидко». Попри наявність цифрового контенту, система досі потребує завантаження сканованих паперових примірників документів із «живими» підписами.

Інтеграція з іншими реєстрами і технічні та правові нюанси — хоча інтеграція декларується, на практиці бувають несумісності, затримки або необхідність вручну коригувати дані, що призводить до додаткових витрат часу та ризиків виникнення помилок. Особливо це актуально для витягів, що стосуються земельних ділянок, обтяжень на них, відповідності функціональному призначенню, відповідності майданчиків забудови щодо територій із складними інженерно-геологічними умовами чи сейсмічними впливами, зонами історичних ареалів.

Недостатня автоматизація/автоматичні перевірки — система передбачає автоматичні перевірки, але багато дій все ще дублюються через втручання окремих посадових осіб, передусім ДІАМ, що зменшує очікувану ефективність і може залишати корупційні ризики [6]. https://mindev.gov.ua/news/za-i-kvartal-2025-roku-do-iedessb-doluchylosia-ponad-7-tysiach-profesiinykh-korystuvachiv?utm_source=chatgpt.com

Навчання і ресурсне забезпечення користувачів — частина користувачів (особливо на місцях) є недостатньо підготовленими, не мають достатньої підтримки чи інструкцій, що призводить до помилок, блокування чи неправильного заповнення даних [9]. Переважно це відноситься до замовників будівництва. Слід зазначити, що протягом 2024–2025 років значно посилилась інформативна підтримка та довідкова інформація в самій системі у вигляді довідки та контекстних спливаючих меню, після великої хвилі критики щодо оновлення інтерфейсу останні зміни дозволяють працювати у старому дизайні, впроваджується налаштування системи під користувача (розділ «Швидке меню»). https://mindev.gov.ua/news/za-i-kvartal-2025-roku-do-iedessb-doluchylosia-ponad-7-tysyach-profesiinykh-korystuvachiv?utm_source=chatgpt.com

Мета роботи. Вказані зауваження не означають, що система неефективна. Необхідне розуміння, що впровадження цифрової трансформації в складній сфері будівництва потребує часу, ресурсів, адаптації і вдосконалення. Як і будь-яка розробка дана ініціатива потребує активної участі громадськості та зацікавлених осіб у аналізі системи, наданні фахових зауважень чи пропозицій. **Основною метою** даного огляду є саме висвітлення рекомендацій та, на думку проектної організації, невдалих рішень не з метою нещадної критики,

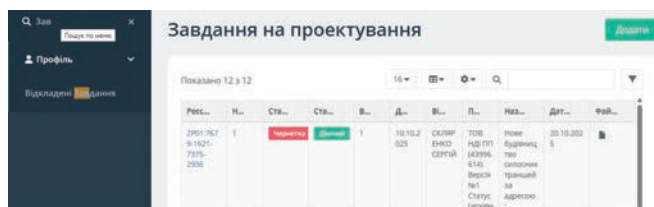


Рис. 1. Приклад вікна пошуку

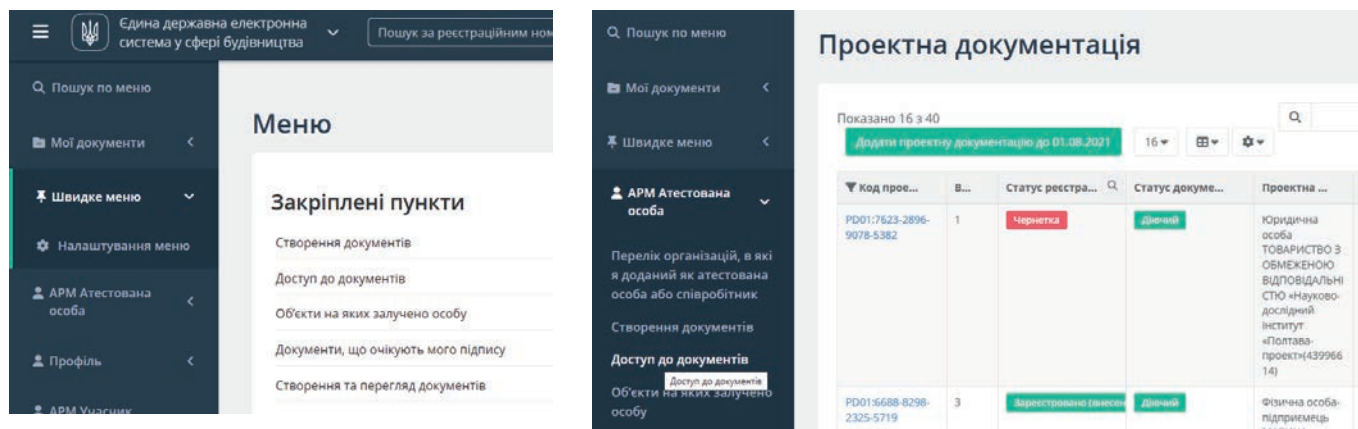


Рис. 2. Швидке меню та розділ Проектна документація

а для розуміння розробниками основних проблем, із якими стикається користувач.

Всі наведені рекомендації та проблемні моменти структуровано відповідно до окремих меню ЄДЕССБ та їх підрозділів.

Результати досліджень

Пошук. У багатьох програмах системою пошук користуються не тільки недосвідчені користувачі, які не знають де саме знаходиться те чи інше посилання/інструмент, а і цілком фахові інженери. Як приклад (рис. 1), з метою пришвидшення переходу до потрібного меню в системі пошук не відображає всіх складових. Наприклад, знайти та перейти на реєстр чи інструменти створення завдання на проектування через пошук — наразі неможливо (система видає лише меню «Відкладені завдання»).

Швидке меню. Наймовірно круте налаштування для організації швидких переходів.

На рівні рекомендацій (побажань) ця система стала б кращою, якби закріплені пункти містили (наприклад у дужках) підписи до якого АРМ вони відносяться (через співзвучність окремих пунктів у різних АРМ). Крім того було б ідеально розширити перелік посилань, доступних для закріплення (для більш низьких рівнів, наприклад реєстру завдань на проектування чи ідентифікаторів створених мною і т.п.). Більшість користувачів використовують систему не так часто, іноді із великими перервами (банально забуваючи розташування того чи іншого функціонала). Тому редагування попереднього меню пошуку та формування інженером швидкого меню «під себе» зробить користування інтерфейсом набагато зручнішим.

АРМ Атестована особа — Доступ до документів. Додавання швидкого переходу до створення об'єктів на реєстрах даних об'єктів буде доволі зручним інструментом, який дасть змогу скоротити час блукання по меню системи (рис. 2). Приклад такої реалізації — кнопки створення ідентифікаторів безпосередньо на їх реєстрі (як об'єкта в цілому, так і його складових частин).

Профіль — Швидке меню. Не до кінця зрозуміла логіка дублювання даного меню і безпосередньо на панелі, і в меню профіль (див. рис. 2). Можна рекомендації лишити в «Профілі — Швидке меню» налаштування із закріплення даних панелей, а безпосередньо на панелі у «Швидке меню» лишити лише вже обрані посилання.

АРМ Атестована особа — Створення документів — Проектна документація. Розмови про автоматичне заповнення більшості полів із єдиного стандартизованого файлу велись давно. У нашій організації даний процес розбито на початкове формування pdf файлів окремих розділів проекту, зведених томів (для передачі Замовнику), окремих файлів планів, фасадів, генерального плану, завдання на проектування, наказів на призначення ГППа, авторського нагляду, містобудівних умов, технічних умов, витягу із реєстрів на земельну ділянку та ін. додаткових документів, що будуть завантажуватись у систему (наприклад, табл. 1). Окрім того формування текстового файлу із виведеними усіма показниками назв, адрес, кадастрових номерів, дат та номерів наказів, основними показниками ТЕП і т.п. (див. табл. 2). Тому як рекомендації хотілось би розглянути створення короткої форми введення у табличній формі або окремо структурованому розробником файлі, який дозволить автоматичне введення переважної

Таблиця 1

Приклад підготовчої інформації перед завантаженням у систему

Реквізити проєктної організації	ТОВ «НДІ «Полтава-проект» 36014, Україна, м. Полтава, вул. Соборності, б. 71, кв. 32 Код ЄДРПОУ Тел. +380503053454 poltpro@gmail.com
Ідентифікатор:	Кадастр: 0000000000:00:000:0000 Нове будівництво ... за адресою: Вінницька область, вул., 1 Споруда Висота: 5,5м
№ Ідентифікаторів	00000000000000000000000000000000
Проектна документація	№ хх-25 Договір: 07-25-НДІ від 04.08.2025 р. Одна стадія — РП Нове будівництво 1271.4 Будівлі силосні та сінажні Перелік видів робіт: Генеральний проект нового будівництва.
Адреса	Вінницька область, ... вул. ... , 1
Інформація про замовників:	ПРАТ «...» ЄДРПОУ Електронна пошта@....com.ua ... , Україна, Вінницька обл, ... , вул. ... , 1
Земельні ділянки	0000000000:00:000:0000 Площа: ... га. Цільове призначення: 01.13 Для іншого сільськогосподарського призначення. Ознака відповідності функціонального та цільового використання — відповідає Інформація з Державного реєстру речових прав на нерухоме майно Номер інформаційної довідки: 00000000 Дата формування: 19.07.2021
Містобудівні умови та обмеження / завдання на проектування	MU01:9418-1542-1278-7902 Наказ № 6-25 від 09.10.2025 ZP01:7679-1621-7375-2936 № 1 від 20.10.2025
ВІДПОВІДАЛЬНІ ОСОБИ (по ТОВ НДІ)	Борт Олег Володимирович, сертифікат АР № 012786 від 08.02.2017 р., тел. 0000000000 наказ 07-25-1 04.08.2025 р. (по наказу кожен раз на ГППа) 02-21 від 18.02.2021 р. (наказ на посадову особу) Скляренко Сергій 0000000000 Наказ 01-21 18.02.2021 Скляренко Олександра 0000000000 Наказ 2-к від 29.03.2024

Тип документу, який підписується*

Завдання на проектування x Проектна документація x Ідентифікатор будівництва x Звіт з технічного обстеження x Затвердження проєктної документації x

Скасування або зупинення дії рішення об'єкта нагляду посадовою особою ДІАМ

Аварійно-небезпечні об'єкти

Автоматичне формування енергосертифікату (тестування)

Адреси

Акт перевірки дотримання вимог законодавства

Акт про демонтаж

АКТ про недопущення посадових осіб ДІАМ на об'єкт нагляду

Рис. 3. Додавання функцій підпису співробітнику

Таблиця 2

Приклад формування даних по об'єктах перед завантаженням у систему

Назва	Силосні траншеї
Тип	Споруда
Ідентифікатор	00000000000000000000000000000000
Роки будівництва	2025–2026
Позиції ТЕП:	
Площа забудови, м ²	
Загальна площа приміщень, м ²	
Корисна площа, м ²	
Кількість поверхів	
Кількість надземних поверхів	
Кількість підземних поверхів	
Цокольний поверх	
Гранична висота, м	
Висота будівлі, м	
Загальний будівельний об'єм, м ³	
Будівельний об'єм нижче відм. 0.00, м ³	
Будівельний об'єм вище відм. 0.00, м ³	
Кількість створених робочих місць, од	
Річна потреба в паливі, тис.т	
Річна потреба в електроенергії, МВт-год	
Тривалість експлуатації (Розрахунковий строк експлуатації), р.	
Річна потреба в воді, тис.м ³	
Річна потреба в тепловій енергії (Гкал), Гкал/рік	
Тривалість будівництва, міс	
площа приміщень(місць) загального користування (в тому числі допоміжних)	
Загальна кошторисна вартість будівництва, тис. грн, в т.ч. будівельних робіт устаткування інших витрат	
Трудоємність будівництва, тис. люд.-год	
Перелік файлів, pdf	МБУО Завдання на проектування Витяги по землі Наказ на призначення ГІП ТУ layer (38).geojson Клас наслідків ТЕП Плани поверхів Фасади Генплан Окремі альбоми (по кожному розділу проекту)

більшості інформації і (за можливості, при структурованій назві файлів) автоматичне завантаження необхідних документів.

АРМ Учасник будівництва — Профіль — Підписанти/Співробітники. При наданні повноважень випадає меню було б доцільно замінити на табличку із відмітками, що дозволить одночасно бачити відмічені та пусті позиції варіантів напрямків дії. Наразі вибір щоразу лише одного пункту призводить до заплутаності та повторного багаторазового гортання всього переліку (рис. 3).

Всі наведені вище положення відносились до рекомендацій, які можуть покращити функціонування системи. Нижче розглянуті більш проблемні питання.

1. Меню вхід. При вході користувач має можливість обрати будь-які засоби доступу. Система дозволяє виконати вхід за хмарними ключами (перевірялось на системі ПриватБанк — SmartID, рис. 4), створювати документи, переглядати меню. Проте на етапі підписання будь-якого документа ЄДЕССБ «зависає». Дана проблема вирішується тільки підписанням файловими ключами.

2. Створення проектної документації. Назва об'єкта проектування повинна бути незмінною на всіх етапах проектування. За невідомих причин у більшості керівників департаментів архітектури «склалась традиція» частково змінювати дану назву у процесі оформлення містобудівних умов та обмежень. У більшості випадків мова йде про заміну слів «вул. Соборності» на «вулиця Соборності», «обл.» на «область» або навпаки; додаванням або відніманням розділових знаків «Вінницької області, Вінницького району» на «Вінницької області Вінницького району»; додаванням/прибиранням додаткових пробілів всередині «Вінницької області, Вінницького району» і т. п. несуттєвих відмінностей. Очевидно, що у більшості випадків дані зміни є візуально не помітними, а іноді і взагалі неможливими для ідентифікації. Це призводить до виявлення системою «невідповідності назви» у проектній документації.

Крім того, вже із даної сторінки (рис. 4) починається системне і багаторазове дублювання введення однакової інформації, що забирає багато часу та створює умови для потенційних помилок.

Незрозуміла логіка повторного введення меж об'єкта (рис. 5), за умови що на даний момент ідентифікатор на об'єкт чи складову частину вже створений.

Увійти за допомогою електронного підпису

Зчитайте ключ

Файловий Токен Хмарний

Приватбанк - хмарний підпис "SmartID"

Продовжити

Реквізити проектної документації

Номер проектної документації*

Номер договору на розробку проектної документації*

Дата укладення договору на розробку проектної документації відповідно до договору на виконання проектних робіт (календарного графіка виконання проектних робіт)*

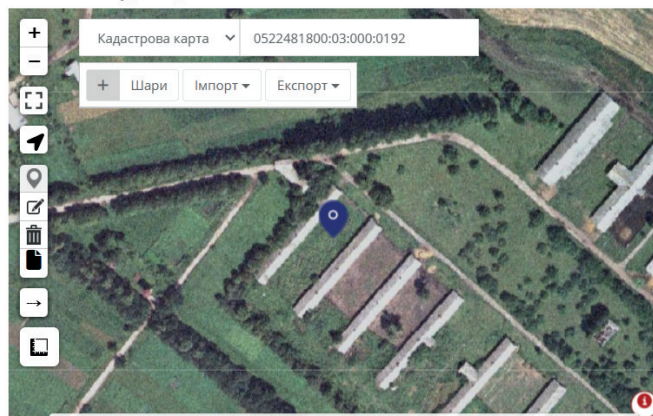
Назва об'єкта проектування*

D007118. Перевірка відповідності назви об'єкта будівництва, зазначеного в містобудівних умовах та обмеженнях та проектній документації

Помилка
Середній рівень ризику

Рис. 4. Помилки, що виникають при вході та введенні реквізитів проектної документації

Межа об'єкта будівництва



Код ДКБС*

Код ДКБС ...

2412.6 Споруди зоологічних та ботанічних садів
2412.7 Майданчики для гри в гольф
2420.1 Військові випробувальні центри
2420.2 Військові полігони та стрільбища
2420.3 Військові інженерні фортифікаційні споруди
2420.4 Космодроми та дільниці для запуску супутників
2420.5 Полігони складування побутових відходів

Рис. 5. Повторне введення межі об'єкта та помилкове введення кодів НК 018:2023

Проблема може бути вирішена автоматичним заповненням назви, адреси, контурів ділянок при заповненні у реквізитах проектної документації містобудівних умов та обмежень (необов'язкова вимога, із автоматичним заповненням за умови наявності МУО) та контурів, притягнутих із ідентифікатора об'єкта будівництва.

3. Заповнення кодів будівлі відповідно до ДКБС. Поверхнево проблема (рис. 5) полягає взагалі у невідповідності даного положення діючому законодавству. ДКБС у розумінні системи — це державний класифікатор ДК 018–2000. Даний документ відмінено наказом Мінекономіки від 16.05.2023 р. № 3573. із введенням у дію національного класифікатора НК 018:2023. Обидва документи, попри свої прагнення до гармонізації із європейським законодавством, мають значну ваду — не повний перелік будівель (коди 1xxx) та споруд (коди 2xxx). Для прикладу документи не містять взагалі будь-яких сільськогосподарських споруд (завальні ями, лагуни чи майданчики для складування гною, силосні траншеї, майданчики сіно-соломосховищ, навіси, технологічні

вежі елеваторів і т. п.). Проблема може бути частково вирішена через заміну в системі ДКБС на діючий НК 018:2023, який хоча б у частині споруд містить код 2420 «Інші некласифіковані раніше споруди».

4. Дублювання інформації. Додаткове заповнення меню «Адреса», «Інформація про замовників», «Земельні ділянки» та «Містобудівні умови та обмеження» є доволі незрозумілим дублюванням інформації, що вже і так міститься у містобудівних умовах та обмеженнях. Без сумніву, це необхідні кроки у випадках, коли містобудівні умови та обмеження не потрібні. Проте у більшості етапів підтягування їх ще на етапі внесення загальної інформації (при ініціюванні створення проектної документації) дасть змогу отримати ці дані автоматично і без помилок, описаних вище.

Крім того, незрозуміло відповідно до якого законодавства ЄДЕССБ встановлює обов'язкову необхідність наявності у Замовника електронної адреси. За її відсутності виникає критична помилка, що не допускає реєстрацію проектної документації (рис. 6).

Доволі розповсюдженим огріхом самої системи є виникнення помилки у випадку орендової земельної ділянки (коли не співпадають дані про власника земельної ділянки та замовника будівництва) — рис. 7.

До дублювання (рис. 8) також можна віднести необхідність внесення окремих креслеників: окремо в меню Генеральний план будівництва або плани та фасади в об'єктах будівництва. Крім того, частина меню проектної документації містить положення про відсутність їх необхідності — за замовчуванням. У той же час розділи оцінки впливу на довкілля, етапність проектування та наявність сертифіката із енергоефективності вимагають додаткової констатації їх відсутності. Останній пункт необхідний до виконання навіть попри очевидний вибір типу об'єкта будівництва «споруда» або його виду «нежитловий», коли розділ енергоефективності не вимагається.

Додаткових складнощів завдає також необхідність повторного введення атестованих осіб та співробітників у розділі відповідальні особи. Дані, що у більшій частині вже введені у профілі організації (наказ про призначення на посаду,

номер телефону, вибір сертифікованої особи). Більш доцільним було б додавання меню вибору із вже доданих співробітників (із можливістю коригування скажімо наказу про призначення, наприклад, для ГППів, які отримують повноваження за окремим наказом).

5. Матеріали проекту. Основне зауваження до даного розділу — незрозумілі вимоги до переліку та наявності комплектів проектної документації. Для прикладу, при виборі типу будівлі «сільськогосподарська, нежитлова» та зазначенні у об'єкті будівництва серед мереж виключно системи зовнішнього освітлення (і завантаженні цього розділу «ЕЗ») при перевірці критичні помилки виникають з причини відсутності розділів ВК (система водопостачання та каналізація), ОВ (система опалення та вентиляція), ЕЕ (енергоефективність, коли вже була вказана відсутність сертифіката із енергоефективності), ЕТР (електротехнічні рішення) та СПГ (система пожежогасіння).

6. Об'єкти будівництва. Введення загальної інформації фактично знову дублює інформацію, зазначену при створенні проектної документації (рис. 9). Наявні всі описані вище проблеми, що виникають при повторному заповненні кодів ДКБС.

Досить незрозумілим є і принцип формування назви об'єкта (див. рис. 9), який суперечить визначенню п. 8 Порядку розроблення проектної документації на будівництво об'єктів та у «розумінні» системи ЄДЕССБ не повинна містити виду будівництва та адреси.

У випадку вибору групи будівель/споруд система потребує окрім введення характеристик і ТЕП окремих об'єктів та їх складових додатково долучати характеристики і ТЕП за групою загалом. Цілком логічним було б автоматичне формування

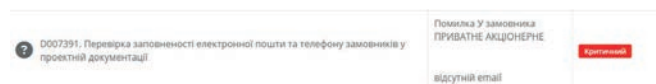


Рис. 6. Помилка введення назви об'єкта



Рис. 7. Помилка, що виникає на орендованих ділянках будівництва

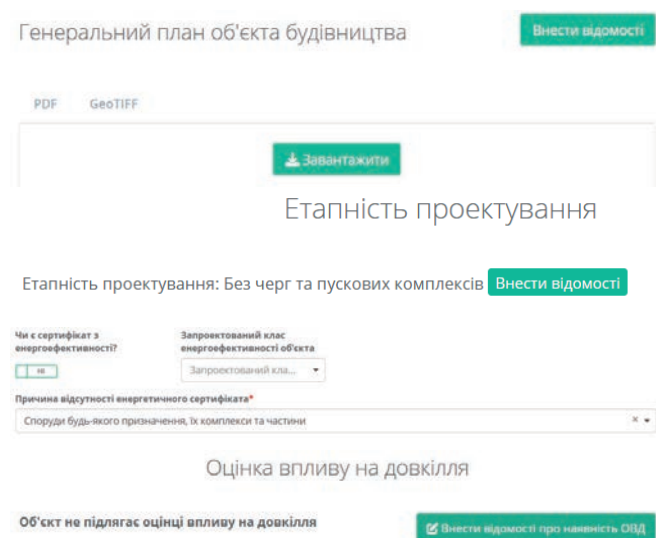


Рис. 8. Дублювання введення інформації

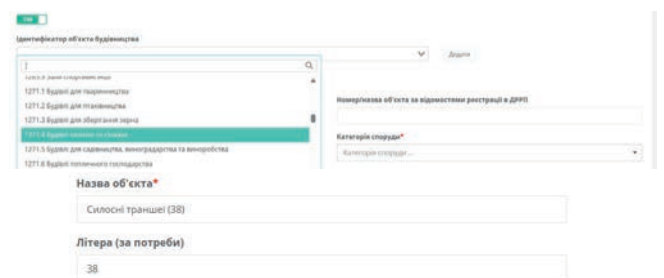


Рис. 9. Повторні помилки кодів ДКБС та видів споруд. Невірне викладення назви об'єкта

підсумкової (результуючої) таблиці ТЕП із можливістю коригування загальних показників (за необхідності). При цьому даний функціонал вже реалізований у системі, проте тільки в режимі перегляду результатів. Як описувалось вище, система вимагає дублювання внесення окремих креслеників проекту (фасади, плани), які фактично будуть завантажені у матеріали проекту. Із позитивних моментів — дана частина містить розширений функціонал, який потенційно може бути корисним (наприклад, внесення відомостей про інженерні мережі) та є необов'язковим для заповнення.

Крім того, незрозумілим є призначення калькулятора класу наслідків (рис. 10). Його наявність у системі не звільняє проектувальника від виконання розрахунку класу наслідків згідно з вимогами ДСТУ, і тому фактично цей калькулятор не функціонує.

При введенні кожного показника чи частини система при збереженні результатів повертає користувача до верху сторінки об'єкта. Особливо дратівливим є при такому підході внесення показників ТЕП.

Слід зазначити, що заповнення інформації у новому дизайні стало більш зручним, хоча відображення сторінки з перекиданням «на верх» при введенні нових показників залишилось незмінним.

Перелік ТЕП, обов'язкових для заповнення, не відповідає вимогам, що встановлені у додатках ДБН А.2.2.3. При цьому у системі містяться вимоги, що не є обов'язковими відповідно до будівельних норм (наприклад «гранична висота будівлі», яка відображається у містобудівних умовах та обмеженнях) або взагалі відсутня у вимогах норм (площа приміщень (місць) загального

користування (зокрема допоміжних). Останнє визначення має опис у Законі України «Про державну реєстрацію речових прав на нерухоме майно та їх обтяжень», проте на відображене у жодних державних будівельних нормах чи стандартах (ні визначення, ні опис методики (складових) підрахунку даної площі). В той же час положення ТЕП не містять обов'язковості дійсно необхідних значень, наприклад «Граничне експлуатаційне та граничне розрахункове значення навантажень на основні несні конструкції перекриття, покриття та підлоги» або «Термін першого планового обстеження та оцінки технічного стану будівлі».

Висновки. ЄДЕССБ — стратегічно важливий крок України до цифровізації будівельної сфери, підвищення прозорості, зменшення паперового бюрократизму і корупційних ризиків. Вона регламентована законом, впроваджена поетапно, має значну кількість користувачів і зареєстрованих документів. Одночасно, як і будь-яка велика реформа, вона стикається з викликами: від технічної реалізації до підготовки кадрів, від узгодження даних до інтеграції з іншими системами.

Потенціалом для розвитку системи можуть стати наступні кроки:

- ✓ проведення опитування із метою оперативного реагування на виявлені проблеми, факти відхилення від законодавчих актів (які, до речі, досить швидко змінюються), розгляд пропозицій з поліпшення інтерфейсу системи для підвищення комфорту користувачів;
- ✓ поширення відеоінструкцій із покроковими прикладами заповнення інформації про будівлі і споруди різного призначення, груп чи комплексів будівель;

Клас наслідків згідно розрахунків проєктанта

Внести показник розрахований проєктантом

Показник розрахований проєктантом	Скан-копія розрахунку класу наслідків
1	 

Калькулятор класу наслідків

Внести показники Розрахувати клас наслідків

Коефіцієнт	Середнє значення, років	Коефіцієнт амортизації відрахувань	Вартість об'єкта, грн.	Автоматично розрахований показник класу наслідків
0.225				

Рис. 10. Дублювання розрахунку класу наслідків

- ✓ розширення функціонала для дотичної документації — онлайн розрахунок із протоколом перевірки для можливості внесення до пояснювальної записки результатів розрахунку класів наслідків, додавання вихідних даних, зокрема детального завдання на проектування винятково в електронному форматі, інженерно-геодезичних зйомок із зазначенням періоду вишукування, створення модульних (стандартних) договорів

між замовником та проектувальником, формування і публікація заяв про наміри та наслідки забудови при оформленні результатів розділу ОВНС;

- ✓ впровадження та інтеграція процесів BIM-моделювання;
- ✓ сприяння конвертації національних норм до їх цифровізації (впровадження смарт-норм) із метою автоматизації процесів перевірки та експертизи проектної документації.

- [1] Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» від 17.02.2011 № 3038-VI [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text> (дата звернення: 22.10.2025).
- [2] Закон України № 199-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів щодо удосконалення порядку надання адміністративних послуг у сфері будівництва і створення Єдиної державної електронної системи у сфері будівництва» від 17.10.2019 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/199-IX#Text> (дата звернення: 22.10.2025).
- [3] Офіційний портал електронної системи у сфері будівництва — ЄДЕССБ [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://e-construction.gov.ua> (дата звернення: 22.10.2025).
- [4] Будівельні послуги в «Дії»: як працює електронна система ЄДЕССБ / Портал «Дія» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://diia.gov.ua/news/budivelni-posluhy-v-dii-iak-pratsiuye-elektronna-systema-iedessb> (дата звернення: 22.10.2025).
- [5] ЄДЕССБ: результати роботи системи за I квартал 2025 року / Єдиний державний вебпортал у сфері будівництва [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/ua/edessb-rezultati-roboti-za-pershi-kvartal-2025-roku_3622145843173263119 (дата звернення: 22.10.2025).
- [6] ЄДЕССБ стала головним запобіжником корупції у будівництві — Галущенко / РБК-Україна [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.rbc.ua/rus/news/edessb-stala-golovnim-zapobizhnikom-koruptsiyi-1720696622.html> (дата звернення: 22.10.2025).
- [7] Система ЄДЕССБ запрацювала в Україні: переваги для будівельників / Голос України [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.golos.com.ua/article/385359> (дата звернення: 22.10.2025).
- [8] Хмельницький ЦНАП: Закон про ЄДЕССБ підписано [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://cnap.khm.gov.ua/806-zakon-pro-yedynu-derzhavnu-elektronnuyu-sistemu-u-sferi-budivnytstva-pidpysano> (дата звернення: 22.10.2025).
- [9] Вебінар: ЄДЕССБ без стресу / ProInfoBud [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://form.proinfobud.ua/vebinar_yedessb_bez_stresu (дата звернення: 22.10.2025).
- [10] Особливості впровадження ЄДЕССБ у містобудуванні / TOTUM [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://totum.ua/wp-content/uploads/2024/04/edessb_osovlyvosti_.pdf (дата звернення: 22.10.2025).

Стаття надійшла 23.10.2025 р. 

УДК 624.04

ЕФЕКТИВНЕ ПРОЄКТУВАННЯ СТАЛЕВИХ СТРИЖНЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ УРАХУВАННЯМ ДЕПЛАНАЦІЇ ПЕРЕРІЗУ

Анотація. У статті розглянуто сучасний підхід до проектування сталевих стрижневих конструкцій із урахуванням депланації перерізу. Зазначено, що традиційні стрижневі розрахункові моделі зі шістьма ступенями свободи у вузлі, які широко застосовуються в програмних розрахункових комплексах, не відображають реальних ефектів кручення стрижнів із тонкостінними відкритими перерізами. Вказано, що ігнорування депланації перерізу може призводити не тільки до переоцінки несної здатності, а й до хибної оцінки стійкості конструкції.

Описано переваги стрижневих скінченних елементів із сімома ступенями свободи у вузлі, розроблених із застосуванням загальновідомої теорії В. З. Власова, які враховують додатковий ступінь свободи, що пов'язаний з депланацією перерізу. Зауважено, що поєднання цієї розрахункової моделі із загальним методом проектування сталевих конструкцій згідно з п. 6.3.4 EN 1993-1-1:2005 (український аналог ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010) дає змогу проводити глобальний аналіз цілих конструктивних систем і визначати коефіцієнти критичних навантаж α_{cr} , враховуючи форми згину, кручення, згину-кручення та бічного кручення. Відмічено, що ця модель забезпечує швидку й достовірну оцінку ступеня використання несної здатності конструкцій.

У розрахунковому прикладі висвітлено порівняння результатів аналізу колони з нетиповими умовами обпирання, отримані за допомогою програмних комплексів Robot Structural Analysis Professional (який використовує стрижневі скінченні елементи з шістьма ступенями свободи у вузлі) і Consteel (який використовує стрижневі скінченні елементи з сімома ступенями свободи у вузлі). Зазначено, що остання модель виявила додаткові форми крутильного згину з нижчими α_{cr} , що має суттєвий вплив на конструкцію. Надано рекомендації щодо застосування сучасного розрахункового програмного забезпечення, повних тривимірних моделей із стрижневими скінченними елементами зі сімома ступенями свободи у вузлі та автоматичного загального методу проектування конструкцій. Вказано, що зазначене зменшує ризик здійснення проектних помилок із одночасним підвищенням точності розрахунків і пришвидшенням проектування сталевих стрижнів.

Abstract. The paper presents a modern approach to the design of steel beam members considering cross-sectional warping. It is noted that traditional steel member-based analytical models with six degrees of freedom per node, which are widely implemented in structural analysis software, do not adequately capture the real torsion effects in thin-walled open-section members. It is noted that neglecting cross-sectional warping may lead not only to an overestimation of load-bearing capacity but also to an incorrect assessment of structural stability.

The advantages of beam finite elements with seven degrees of freedom per node, developed on the basis of the well-known theory of V. Z. Vlasov, are described. These elements account for an additional degree of freedom associated with cross-sectional warping. It is noted that the combination of this analytical model with the general method for design of steel structures according to 6.3.4 of EN 1993-1-1:2005 (Ukrainian analogue DSTU-N B EN 1993-1-1:2010) enables global analysis of entire structural systems and the determination of critical load factors α_{cr} , considering bending, torsion, flexural-torsional buckling, and lateral-torsional buckling modes. It is emphasized that this model provides a fast and reliable assessment of the utilization of the load-bearing capacity of steel structures.

The calculation example presents a comparison of the analysis results for a column with non-standard support conditions, obtained using the software packages *Robot Structural Analysis Professional* (which applies beam finite elements with six degrees of freedom per node) and *Consteel* (which applies beam finite elements with seven degrees of freedom per node). It is noted that the latter model revealed additional flexural-torsional modes with lower critical load factors α_{cr} , which has a significant impact on the structural behavior. Recommendations are provided regarding the use of modern structural analysis software, complete three-dimensional models with beam finite elements incorporating seven degrees of freedom per node, and the automatic general method of structural design. It is noted that this approach reduces the risk of design errors while simultaneously improving calculation accuracy and accelerating the design process of steel members.

Ключові слова: сталеві конструкції, стрижень, тонкостінний відкритий переріз, розрахунок, депланація, згин, кручення, згин-кручення, бічне кручення



Dariusz Czepizak
(Даріуш Чепіжак),
професор кафедри будівельних
конструкцій факультету
цивільного та водного
будівництва Вроцлавської
Політехніки, д. т. н.
ORCID: 0000-0003-4185-5470



Adam Machowiak
(Адам Маховяк),
проектувальник будівельних
конструкцій Проектного бюро
«Strenco», магістр інженерії
ORCID: 0000-0002-0219-6073

Вступ. Повсякчасний розвиток будівництва та зростання архітектурних вимог призводять до виникнення та вирішення проектувальниками дедалі складніших інженерних задач. Сучасні сталеві конструкції вирізняються великою різноманітністю та геометричною виразністю, що зумовлює необхідність застосування передових методів оцінки їхньої несної здатності та стійкості. З огляду на це, традиційні розрахункові підходи, що базуються на моделях плоских рам й аналізі стійкості окремих стрижнів, часто-густо виявляються недостатніми у контексті реальних просторових несних систем. Внаслідок цього нагальним стає використання сучасних розрахункових моделей, які достовірно відтворюють роботу конструкцій в реальних умовах та дозволяють ідентифікувати глобальні форми втрати стійкості. Для стиснутих елементів такими формами є згинна, крутна та згинно-крутна, а для зігнутих елементів — бічного кручення.

Більшість наявного інженерного програмного забезпечення (наприклад, Robot Structural Analysis Professional, Graitex Advance Design, SCIA Engineer) дозволяє виконувати аналіз стрижневих конструкцій із застосуванням скінченних елементів, які у вузлі мають три переміщення і три повороти, тобто шість ступенів свободи (надалі по тексті будемо вживати скорочення 6 СС). Однак в дійсності така модель не враховує можливість порушення площинності перерізу стрижня, іншими словами депланації його перерізу, що може призводити до недооцінювання реальних просторових ефектів, а особливо

у випадку скручування елементів із тонкостінними перерізами (див. табл. 1).

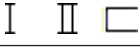
Зауважимо, що відповідно до теорії В. З. Власова [1], депланація перерізу може породжувати додаткові внутрішні зусилля та нормальні й зсувні напружки. Саме тому врахування депланації дає змогу точніше визначати критичні навантаження для елементів, що працюють на стиск, згин, а також одночасно на стиск й згин.

Реальне втілення зазначених положень у повсякденну розрахункову практику призвело до появи визначального фактора прогресу в аналізі сталевих конструкцій, який був започаткований програмами з використанням скінченних стрижневих елементів із сімома ступенями свободи у вузлі (надалі по тексті будемо вживати скорочення 7 СС), що дозволяють враховувати депланацію перерізу у статичному аналізі та в аналізі втрати стійкості цілих конструктивних систем. На європейському ринку першим інструментом, який інтегрував удосконалений просторовий аналіз із автоматизованим проектуванням за загальним методом відповідно до п. 6.3.4 [2], був програмний продукт Consteel компанії Consteel Solution Ltd. [3]. Наразі подібні можливості також надає програмне забезпечення RFEM 6 компанії Dlubal Software GmbH [4]*.

Спираючись на попередні міркування, можна сформулювати мету цієї статті, а саме: застосування сучасних методів проектування сталевих конструкцій із урахуванням депланації перерізу та обговорення практичних переваг їх використання в контексті чинних європейських норм.

Таблиця 1

Вплив вільного та зв'язаного кручення залежно від перерізу

Тип перерізу	Форма перерізу	Вільне кручення	Зв'язане кручення (депланація)
Замкнутий круглий		✓	—
Замкнутий прямокутний та еліптичний		✓	✗
Кутиковий, тавровий та хрестоподібний		✓	✗
Гарячекатаний та зварений з двома полицями		✓	✓
Тонкостінний холодногнутий		✗	✓
Примітка. В таблиці прийняті наступні позначення впливу: ✓ — істотний; ✗ — неістотний, яким можна знехтувати; — — відсутній			

* Авторам статті відомо, що в Україні розроблено та використовуються два програмних комплекси, а саме SCAD і LIRA, в яких реалізовані скінченні стрижневі елементи з сімома ступенями свободи у вузлі. Проте автори не проводили порівняння отриманих ними у наведеному наприкінці статті прикладі розрахунку колони результатів із результатами за цими комплексами, поневаж не мали можливості їх використати внаслідок відсутності у них цих комплексів.

Загальний метод проектування сталевих конструкцій згідно з п. 6.3.4 [2].

Норми [2] пропонують три основні методи оцінки стійкості сталевих конструкцій, які відрізняються рівнем складності аналізу та способом врахування геометричних недосконалостей. Зокрема це такі.

Перший метод репрезентує традиційний інженерний підхід без явного моделювання геометричних недосконалостей, в якому наслідки нестійкості враховуються опосередковано шляхом застосування коефіцієнтів зменшення у формулах несної здатності. Його процедура базується на припущеннях про:

- ізольований розгляд конструктивних елементів, інакше кажучи, кожен елемент розглядається окремо із відповідними граничними умовами;
- розділення форм згину: нарізно аналізуються згинальний, крутильний або згинально-крутильний згин (у випадку чистого стиску) та поперечно-крутильний згин (у разі чистого згину), поза тим стиск і згин аналізуються незалежно один від одного;
- визначення коефіцієнтів згину та поперечно-крутильного згину та застосування формул взаємодії 6.62 і 6.63 із [2] для врахування впливу різних форм втрати стійкості на несну здатність.

Метод застосовується для елементів із незмінним перерізом, кінці яких зафіксовані проти бічного переміщення та повороту, проте вимагає знання відповідних довжин згину та критичних моментів.

Другий метод становить собою нелінійний аналіз конструкції з початковими геометричними недосконалостями. У такому підході в розрахункову модель конструкції вводяться вказані недосконалості та виконуються розрахунки зі застосуванням щонайменше аналізу другого порядку (який враховує зміни геометрії конструкції під впливом навантаг у процесі розрахунку), після чого перевіряється рівень використання несної здатності перерізів. Водночас передбачено три способи введення геометричних недосконалостей:

- прямий, який пов'язаний з безпосереднім врахуванням як глобальних недосконалостей всієї конструкції (зміщення, скручування, неперпендикулярність, які виникають у місцях з'єднань і під час монтажу), що призводять

до відхилення конструкції від її ідеальної проектної форми, так і локальних недосконалостей стрижнів (зігнутості, викривлення);

- опосередкований, який полягає у заміщенні глобальних і локальних недосконалостей еквівалентними силами (величини яких визначаються за допомогою, приміром, методу еквівалентних сил), прикладеними у вигляді зосереджених та/або рівномірно розподілених навантаг;
- нормативний, який зводиться до використання замість глобальних і локальних недосконалостей першої власної форми пружної втрати стійкості системи із застосуванням формули 5.9 [2].

Принагідно зауважимо, що цей метод дозволяє не тільки цілком реалістично відтворити поведінку конструкції з урахуванням початкових геометричних недосконалостей, а й забезпечити вищу точність й універсальність у порівнянні з іншими підходами. Однак метод вимагає високого рівня інженерних компетенцій та відповідного програмного забезпечення. До того ж для складних конструкцій основною перешкодою його застосування є невизначеність під час опрацювання недосконалостей серед безлічі можливих комбінацій [5], а також підвищена трудомісткість проведення розрахунків, через що цей підхід досі не є широко розповсюдженим в інженерній практиці.

Третій метод, так званий загальний метод, міститься у пункті 6.3.4 [2], в якому викладено узагальнену процедуру оцінки стійкості елементів, що піддаються стиску та згину, незалежно від форми перерізу, умов обпирання чи варіацій геометрії вздовж довжини. Основна ідея цього методу полягає в тому, що елементи не виокремлюються з конструкції і не розглядаються окремо форми втрати стійкості, пов'язані зі стиском або згином; замість цього аналізується повний набір внутрішніх зусиль в елементі та ідентифікуються відповідні комплексні форми втрати стійкості [6, 7].

Звернемо увагу читачів на те, що загальний метод впроваджений у норми [2] відносно нещодавно і ще був відсутній в їх попередньому варіанті 1992 року. У версії ж норм [2] 2025 року цей метод дає змогу аналізувати стійкість елементів у випадку позаплощинного згину, включно з поперечно-крутильним згинанням. Вказане є істотною перевагою порівняно з класичним

підходом до проектування сталевих конструкцій, оскільки загальний метод дозволяє оцінювати стійкість окремих або комбінованих елементів із постійним або змінним перерізом по довжині елемента за будь-яких умов обпирання. Його також можна використовувати для аналізу плоских рам і рамних вузлів, що складаються з елементів, що піддаються стиску, одночасному згину в площині або обом цим діям одночасно.

У загальному методі, згідно з пунктом 6.3.4 [2], умова стійкості та глобальна відносна гнучкість представлені за допомогою нерівності (1) та формули (2):

$$\frac{\chi_{op} \alpha_{ult,k}}{\gamma_{M_1}} \geq 1.0; \quad (1)$$

$$\bar{\lambda}_{op} = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr,op}}}, \quad (2)$$

коефіцієнти в яких визначаються за допомогою співвідношень (3) і (4):

$$\frac{1}{\alpha_{ult,k}} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}}; \quad (3)$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi N_{Rk} / \gamma_{M_1}} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk} / \gamma_{M_1}} \leq 1.0. \quad (4)$$

Зауважимо, що визначення параметрів, які входять до виразів (1–4), наведено у нормі [2].

Детальний опис методу та обговорення результатів його порівняння з класичним методом розрахунку сталевих конструкцій можна знайти в [8, 9, 10, 11].

Цікавий погляд на загальну методику викладено у журнальній статті [12], де зазначається, що загальну гнучкість $\bar{\lambda}_{op}$ можна представити у вигляді

$$\bar{\lambda}_{op} = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr,op}}} = \sqrt{\frac{1}{\alpha_{cr,NM} U_{k,NM}}}, \quad (5)$$

де прийнято, що $\alpha_{cr,NM}$ — мінімальний коефіцієнт розрахункових навантаж, коли конструкція, одночасно стиснута й зігнута, досягає критичної навантаги пружної нестійкості; $U_{k,NM}$ — рівень використання несної здатності перерізу елемента, визначений за формулою

$$U_{k,NM} = \frac{1}{\alpha_{ult,k}} = \frac{N_{Ed}}{N_{Rk}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{y,Rk}}. \quad (6)$$

Такий запис дає змогу визначити рівень вичерпання несної здатності елементів $U_{b,NM}$ із урахуванням довільної глобальної форми втрати стійкості на основі лише трьох змінних: кривої нестійкості (a_0, a, b, c, d), що залежить від типу перерізу та причини втрати стійкості; рівня використання перерізу $U_{k,NM}$ і коефіцієнта критичних навантаж $\alpha_{cr,NM}$, визначеного в результаті чисельного аналізу.

Завдяки цим модифікованим виразам підготовлено доступні діаграми задля швидкої оцінки рівня вичерпання несної здатності елементів конструкцій з урахуванням втрати стійкості (рис. 1, 2).

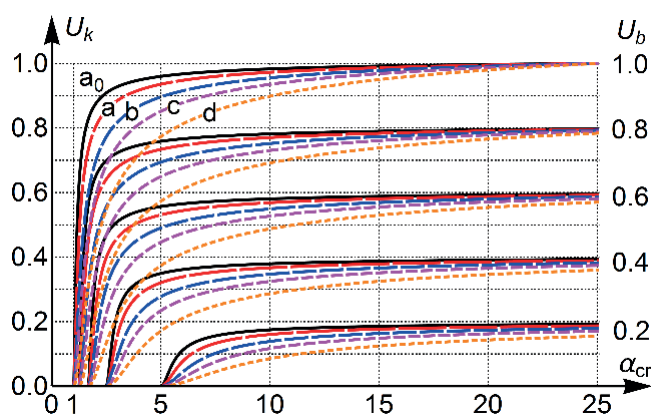


Рис. 1. Використання несної здатності елемента U_b із урахуванням глобальної втрати стійкості для кривих нестійкості a_0, a, b, c, d і $\alpha_{cr,NM} = 1-25$

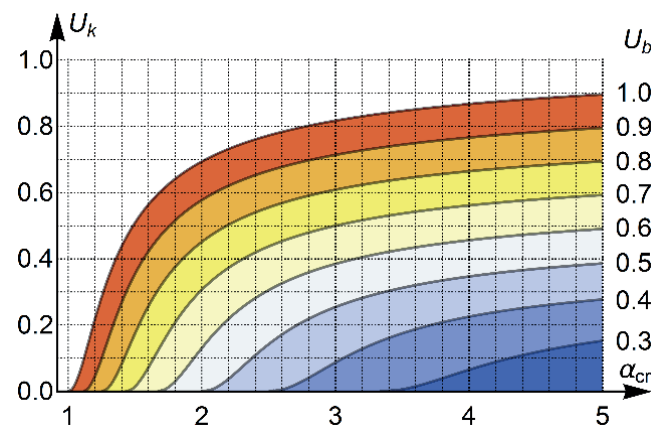


Рис. 2. Використання несної здатності елемента U_b із урахуванням глобальної втрати стійкості для кривих нестійкості b і $\alpha_{cr} = 1-5$

На підставі результатів аналізу наведених вище графіків можна дійти наступних висновків:

- якщо $\alpha_{cr} \leq 1$, незалежно від рівня використання перерізу $U_{k,NM}$ настає глобальна втрата стійкості конструкції;
- якщо $\alpha_{cr} \geq 25$ конструкція зберігає глобальну стійкість, а її несна здатність практично дорівнює несній здатності перерізу;

- найбільша динаміка зниження несної здатності елемента внаслідок глобальної втрати стійкості спостерігається за умови $1 \leq \alpha_{cr} \leq 5$;
- крива $U_b = 1.0$ дозволяє оцінити граничне значення коефіцієнта α_{cr} , нижче якого — для заданого значення рівня використання перерізу U_k — конструкція втратить несну здатність внаслідок глобальної втрати стійкості.

Одночасно звернемо увагу на те, що навіть для складних конструктивних систем можливе достовірне оцінювання рівня використання несної здатності елементів, яке провадиться на основі визначеної величини коефіцієнта α_{cr} . Цей коефіцієнт має враховувати різні форми втрати стійкості у разі стискання: згинальні, крутильні та згинально-крутильні; він також повинен брати до уваги поперечно-крутильну нестійкість під час згинання. У такому аналізі ключове значення має застосування чисельних методів. З цією метою доцільно використовувати стрижневі скінченно-елементні моделі зі 7 СС. Можливе також застосування інших скінченних елементів, таких як оболонкові або об'ємні.

Технологія розрахунку з використанням удосконаленої скінченно-елементної моделі зі 7 СС.

Стрижневий скінченний елемент із 7 СС становить собою розвинення класичного стрижневого елемента зі 6 СС шляхом додавання сьомого ступеня свободи, який відповідає депланації поперечного перерізу. У літературі цю модель також визначають як тонкостінний елемент у межах теорії В. З. Власова [1], або ж як елемент типу *Beam7* [13] (назва, що застосовується в окремих чисельних

реалізаціях). Модель базується на припущенні, що поперечний переріз стрижня під час кручення не залишається плоским, а зазнає просторової деформації (рис. 3), тобто депланації. Ця умова є ключовою задля коректного відтворення розподілу вичерпання/рівня використання несної здатності в елементах, що піддаються крученню, а також у стрижнях, схильних до втрати стійкості у вигляді крутильної або згинально-крутильної нестійкості.

Звернемо також увагу на те, що на відміну від моделей, які не враховують депланацію перерізу, у новій моделі вводиться додатковий сьомий ступінь свободи у вузлі, що відповідає можливості депланації поперечного перерізу. Зауважимо, що формальне визначення такого елемента наведено в книзі [14].

Модель скінченного елемента стрижня із 7 СС базується на класичних припущеннях теорії тонкостінних стрижнів В. З. Власова, зокрема: геометричні співвідношення $b/t \geq 10$ і $L/b \geq 10$, гіпотеза жорсткості контуру, допущення вільної депланації поперечного перерізу та ігнорування формоутворювальних деформацій середньої поверхні. Вона дозволяє проводити геометрично-нелінійний аналіз другого порядку з урахуванням явищ втрати стійкості.

Розподіл зусиль і переміщень у стрижневому скінченному елементі зі 7 СС ілюструє рис. 4, на якому суцільною лінією позначена поздовжня вісь стрижня, а штрихпунктирною — лінія центрів зсуву його перерізів. Вісь u відповідає поздовжній осі стрижня, тоді як осі v і w представляють основні (головні) осі інерції поперечного перерізу — відповідно сильну та слабку. Водночас переміщення

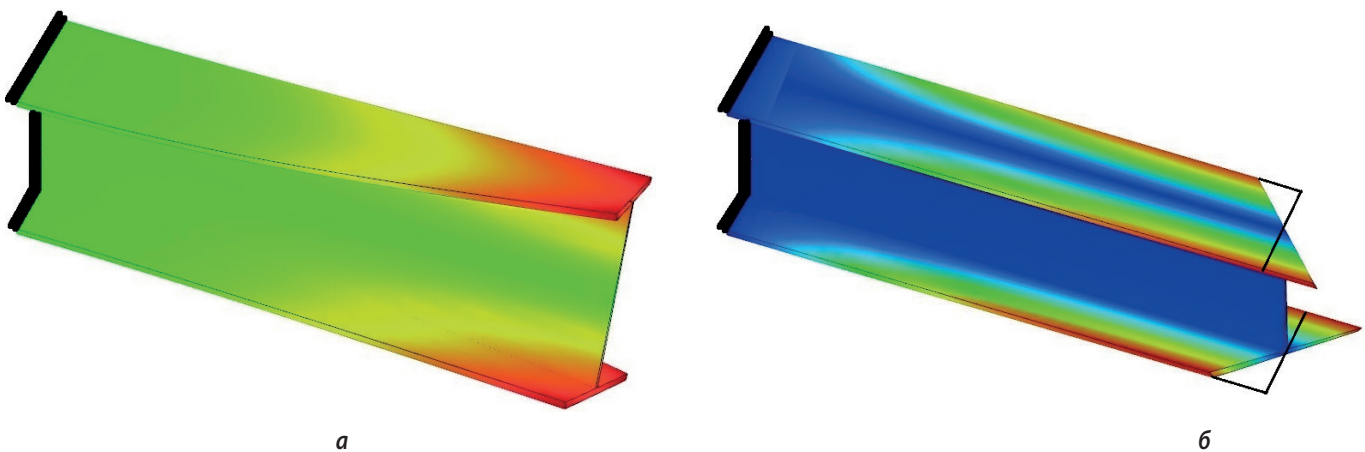


Рис. 3. Консоль двотаврового поперечного перерізу, піддана крученню:
а — ізополя деформації; б — ізополя депланації

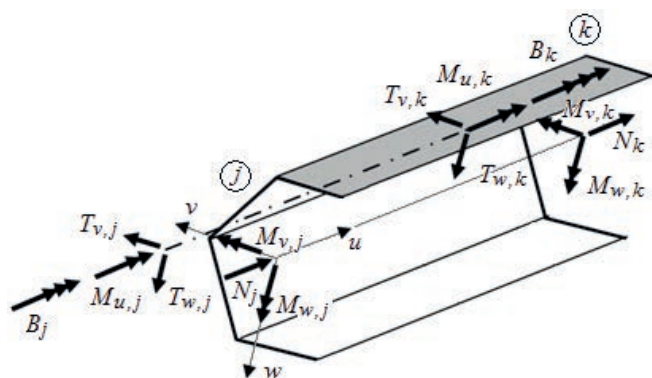


Рис. 4. Позначення зусиль у стрижневому скінченному елементі зі 7 СС [13]

і зусилля у вузлах j і k позначено у такий спосіб: u — переміщення уздовж осі центра мас (поздовжня вісь); v — поперечне переміщення у напрямку сильної головної осі інерції перерізу; w — поперечне переміщення у напрямку слабкої головної осі інерції перерізу; θ_u — поворот навколо осі u ; θ_v — поворот навколо осі v ; θ_w — поворот навколо осі w ; θ_{uu} — похідна кута кручення по поздовжній осі u (депланація поперечного перерізу); N — поздовжня (осьова) сила; T_v , T_w — поперечні (зсувні) сили у напрямках v і w відповідно; M_v , M_w — згинальні моменти відносно осей v і w відповідно; M_u — момент кручення; B — бімомент.

Переміщення та зусилля у вузлах елемента можна записати у вигляді векторів:

$$\mathbf{u} = [u_j; v_j; w_j; \theta_{u,j}; \theta_{v,j}; \theta_{w,j}; \theta_{uu,j}; u_k; v_k; w_k; \theta_{u,k}; \theta_{v,k}; \theta_{w,k}; \theta_{uu,k}], \quad (7)$$

$$\mathbf{f} = [N_j; T_{v,j}; T_{w,j}; M_{u,j}; M_{v,j}; M_{w,j}; B_j; N_k; T_{v,k}; T_{w,k}; M_{u,k}; M_{v,k}; M_{w,k}; B_k]. \quad (8)$$

У працях [13, 14] наведено загальне рівняння рівноваги матриці елементів у явному вигляді:

$$(\mathbf{K}_s + \mathbf{K}_g) \times \mathbf{u} = \mathbf{f}, \quad (9)$$

в якому прийнято, що $\mathbf{K}_s$ — матриця згинальної жорсткості, а $\mathbf{K}_g$ — геометрична матриця жорсткості, які виведено з рівняння віртуальної роботи елемента [13]:

$$\int_l (\sigma \delta \epsilon + \tau_{vu} \delta \gamma_{vu} + \tau_{wu} \delta \gamma_{wu}) t ds = \int_s \left(\sum_d f_d \delta u_d \right) ds. \quad (10)$$

Зауважимо, що у рівнянні (10) ліва частина відображає роботу внутрішніх напруг на відповідних віртуальних деформаціях, тоді як права частина — роботу зовнішніх сил на відповідних віртуальних переміщеннях.

Геометрична матриця жорсткості класичного стрижневого скінченного елемента зі 6 СС враховує вплив осьової сили на згинальні моменти,

але не бере до уваги зв'язок між згинальними та крутильними моментами та вплив осьової сили на кручення.

На відміну від цього, удосконалений стрижневий скінченний елемент із 7 СС дозволяє виконувати геометрично-нелінійний аналіз другого порядку з урахуванням зазначених ефектів. Додатково він враховує кручення з депланацією поперечного перерізу відповідно до теорії В. З. Власова та дає змогу досліджувати згин, кручення, депланацію і згинально-крутильний згин разом із їхніми взаємними взаємодіями в процесі втрати стійкості тонкостінних елементів.

Інтеграція технології обчислень із застосуванням стрижневого скінченного елемента зі 7 СС із загальним методом [2].

Впровадження обчислювальної технології на основі 7 СС стрижневого скінченного елемента в програмних комплексах дозволило повністю реалізувати потенціал загального методу, викладеного в п. 6.3.4 [2]. До недавнього часу вказана технологія була доступна переважно в просунутих програмних комплексах, таких як Abaqus, Ansys або SOFiSTiK. Незважаючи на високий рівень технічної досконалості, ці комплекси зазвичай не надають інтуїтивно орієнтованих інструментів, спеціально адаптованих для проектування сталевих конструкцій згідно з вимогами [2], які присутні в деяких прикладних інженерних пакетах. Окрім того, процес побудови моделі та аналізу результатів у цих комплексах зазвичай складний і трудомісткий, а вартість ліцензійного програмного забезпечення доволі значна. Поширені на польському ринку інженерні програми, наприклад Autodesk Robot Structural Analysis Professional, не забезпечують реалізації технології на основі 7 СС. Моделювання ж конструкцій із застосуванням оболонкових елементів із метою підвищення точності розрахунків є технічно складним і тривалим процесом.

З огляду на це, за значний технологічний прорив належить вважати надання інженерам у користування зручної у застосуванні програми Consteel. Вона пропонує різні типи аналізів (статичний першого та другого порядку, аналіз втрати стійкості, аналіз вібрацій) з використанням стрижневих

скінченних елементів із 7 СС і в автоматизований спосіб поєднує результати цих аналізів із проектуванням сталевих конструкцій за загальним методом, відповідно до п. 6.3.4 [2]. У статті [13] наведено порівняння результатів розрахунків для вибраних прикладних елементів: модель із використанням стрижневих скінченних елементів із 7 СС, реалізована в Consteel, й модель із використанням оболонкових скінченних елементів в Abaqus. У підсумку різниця в кутових переміщеннях та значеннях α_{cr} не перевищує кількох відсотків, що підтверджує коректність і довіру до розрахунків у Consteel із застосуванням стрижневих скінченних елементів із 7 СС.

Consteel був першим на європейському ринку програмним продуктом, який запровадив інноваційний підхід до проектування сталевих конструкцій на основі глобального аналізу з використанням стрижневих скінченних елементів із 7 СС та загального методу, визначеного в п. 6.3.4 [2]. Нині подібну функціональність має програмне забезпечення RFEM 6 компанії Dlubal Software GmbH [4].

Характерною особливістю програми Consteel є вбудоване використання стрижневого скінченного елемента зі 7 СС в аналізі сталевих конструкцій без можливості його вимкнення та необхідність моделювання конструкції в тривимірному просторі. Це рішення має повністю обґрунтовані теоретичні підстави, оскільки навіть плоскі каркасні конструкції можуть втратити просторову стійкість (згин із площини, кручення, згин-кручення, скручування). Відтак, у разі моделювання плоскої рами користувач повинен визначити граничні умови з площини рами якомога ближче до реальності. Якщо ж їх надійне визначення неможливе, правильне рішення полягає у розробленні просторової моделі конструкції та проведенні її глобального аналізу.

Далі на основі результатів глобального аналізу здійснюється повністю автоматизоване проектування елементів сталевих конструкцій за загальним методом, відповідно до вимог норми [2]. Цей процес додатково підсилюється інструментом аналізу «чутливість до втрати стійкості» [15, 16], який дозволяє ідентифікувати елементи з критичним впливом на стійкість усієї конструкції.

Варто підкреслити, що програмний комплекс Consteel — це просунутий інженерний засіб, яке забезпечує автоматизований процес

проектування сталевих конструкцій на основі глобальних просторових моделей і технології на основі 7 СС стрижневого скінченного елемента. Ба більше, система надає низку функціональних можливостей, що спрощують моделювання як типових каркасних будівель, так і більш складних конструктивних систем. Інтеграція з параметричним середовищем моделювання Rhino3D-Grasshopper дозволяє гнучко й автоматизовано створювати складні обчислювальні моделі.

Програма відмінно підходить для аналізу елементів із тонкостінними відкритими перерізами та для двотаврових балок зі змінною висотою перерізу [17]. Реалізована функція «Smart Link» забезпечує інтуїтивне і точне моделювання з'єднань із ексцентриситетом. Додатково програмне забезпечення містить інструменти для простого введення геометричних недосконалостей, що дає змогу більш реалістично відтворювати умови експлуатації конструкції.

Підсумовуючи викладене зазначимо, що ідеологія роботи Consteel націлена на максимальне спрощення процесу проектування сталевих конструкцій. Завдяки взаємодії технології на основі 7 СС стрижневого скінченного елемента та загального методу проектування навіть складних конструкцій стає швидким, точним і часово ефективним. Це, у свою чергу, призводить до істотного скорочення процесу оптимізації конструкції.

Детальна інформація про програму Consteel доступна на офіційному сайті виробника програми [3].

Приклад розрахунку.

Проаналізовано конструкцію з геометрією, зображеною на рис. 5. Колона (стрижень 1–2–3–4–5) завдовжки 8000 мм виконана зі зварного двотавра з полицями $b_f = 300$ мм завширшки і $t_f = 14$ мм завтовшки і стінкою $h_w = 262$ мм заввишки і $t_w = 8,5$ мм завтовшки. Вказані розміри відповідають розмірам гарячекатаної двотаврової балки HEA300. Усі елементи виготовлено зі сталі S235.

Колона у вузлі 1 спирається на шарнірну опору з можливістю депланації, коли поворот навколо вертикальної осі z глобальної системи координат заблоковано. У вузлі 5 використовується аналогічна опора, але з додатковою можливістю переміщення в напрямку осі z глобальної системи координат.

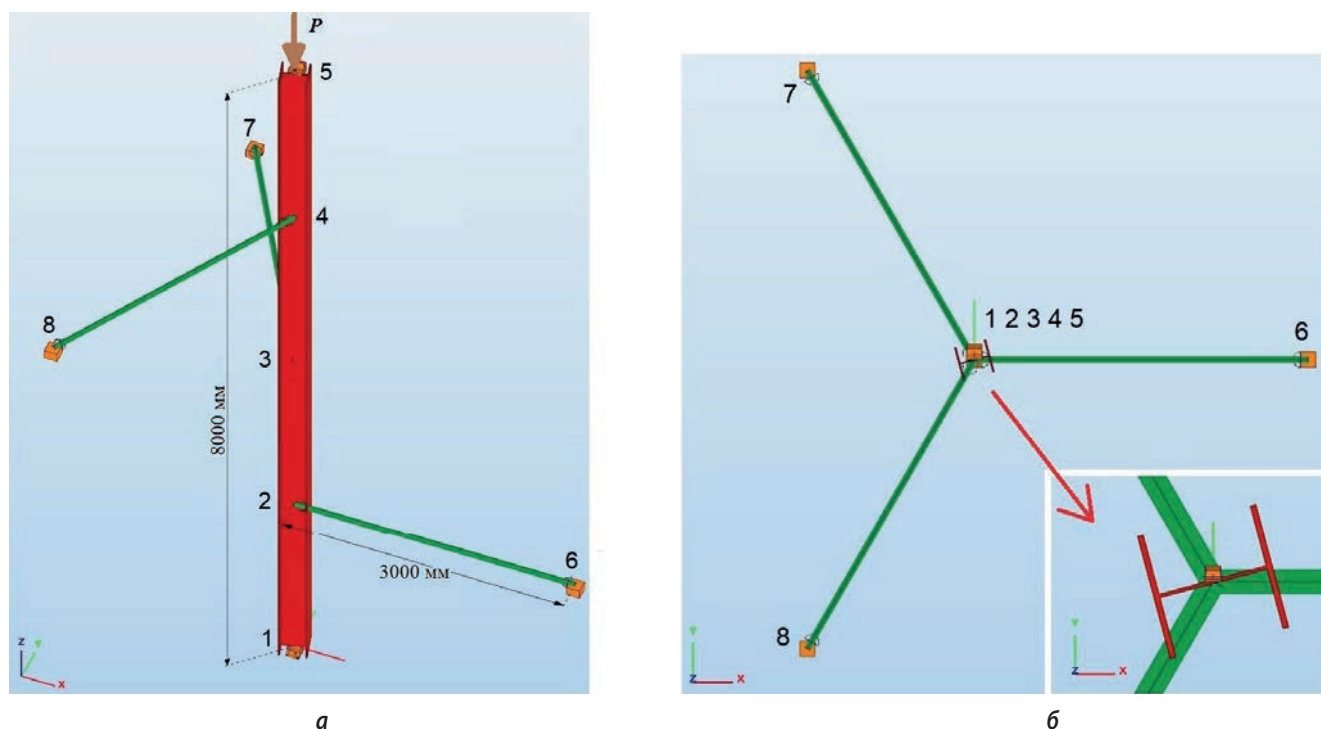


Рис. 5. Загальний вигляд (а) і план (б) колони двотаврового поперечного перерізу

Стрижні 2–6, 3–7 і 4–8 завдовжки 3000 мм кожен виготовлені з круглих труб перерізом 60,3×5 мм і підтримують колону з трьох різних напрямків, розташованих рівномірно через кожні 120° на висотах 2.0 м, 4.0 м і 6.0 м. Ці стрижні шарнірно обперті у вузлах 6, 7 і 8 (мають заблоковані ступені свободи u_x , u_y , u_z , r_x у локальній системі координат перерізу стрижня) та шарнірно з'єднані з колоною 1–2–3–4–5 у вузлах 2, 3 і 4 (мають заблоковані ступені свободи u_x , u_y , u_z у локальній системі координат перерізу стрижня). Їхня функція — підкріплювати колону виключно в поздовжньому напрямі; вони сприймають лише осьові зусилля (розтяг або стиснення).

У вузлі 5 колона навантажена зосередженою силою $P = 1200$ кН, спрямованою вертикально вниз, відповідно до напрямку осі z глобальної системи координат.

У такого типу конструкціях важко передбачити форми втрати стійкості та оцінити розрахункові довжини стійкості колони на основі типових статичних схем, відомих із теорії опору матеріалів. Потрібно зауважити, що жоден із підкріплювальних стрижнів не утримує колону в напрямку головної осі перерізу. У зв'язку з цим було вирішено виконати аналіз втрати стійкості конструкції у випадку розбиття колони на 32 скінченних елемента із застосуванням двох обчислювальних

засобів: програми Autodesk Robot Structural Analysis Professional (що базується на технології 6 СС, рис. 6) і програми Consteel (що базується на технології 7 СС, рис. 7). Результати розрахунків, виконаних у цих програмах, включають коефіцієнти критичної навантаги α_{cr} та відповідні їм форми втрати стійкості.

Необхідно зазначити, що інженер, який користується програмним забезпеченням із стрижневими скінченними елементами зі 6 СС, наприклад Autodesk Robot Structural Analysis, отримає першу форму втрати стійкості з $\alpha_{cr} = 6.79$ (рис. 6, а) і на її основі прийме коефіцієнт стійкості χ [2] для проєктування колони.

Водночас інженер, який користується програмним забезпеченням, що базується на стрижневих скінченних елементах із 7 СС, наприклад Consteel, отримає значно детальніші результати. Окрім форм втрати стійкості, аналогічних до тих, що отримуються в програмі Autodesk Robot Structural Analysis (форма 1 Robot = форма 2 Consteel, форма 2 Robot = форма 4 Consteel), програма Consteel також виявляє чутливість колони до форм крутильного викривлення. У випадку, що розглядається, першою і третьою формами втрати стійкості в Consteel є крутильні форми з $\alpha_{cr} = 3.29$ і $\alpha_{cr} = 7.66$. У таблиці 2 наведено порівняння значень критичних сил крутильного викривлення $N_{cr,T}$, визначених

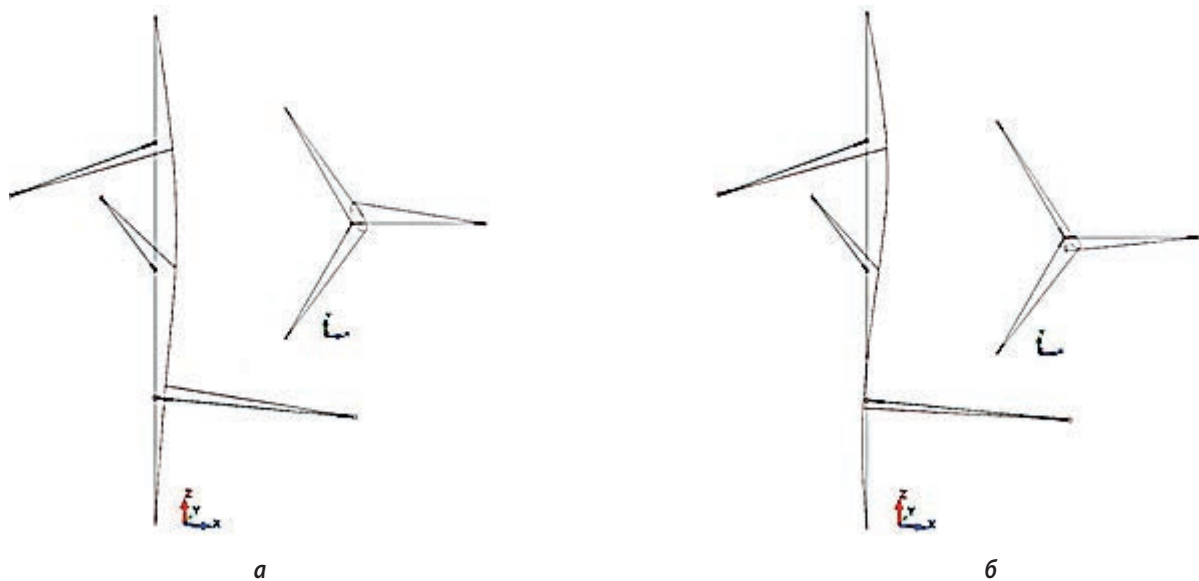


Рис. 6. Форми втрати стійкості (загальний вигляд і план) і коефіцієнти критичної навантаги, визначені в програмі Autodesk Robot Structural Analysis Professional:
а — форма 1, $\alpha_{cr} = 6.788$; б — форма 2, $\alpha_{cr} = 14.735$

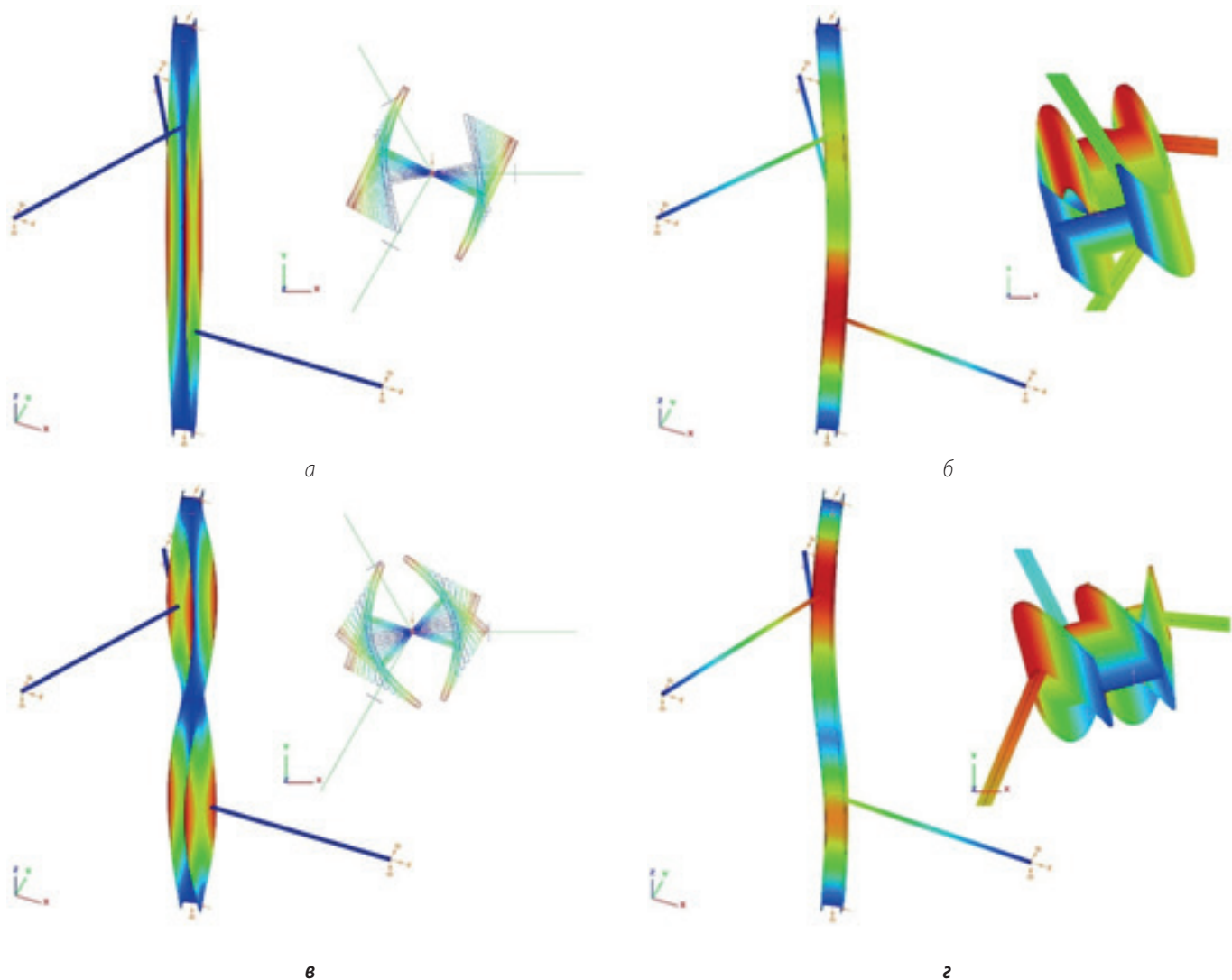


Рис. 7. Форми втрати стійкості (загальний вигляд і план) і коефіцієнти критичної навантаги, визначені в програмі Consteel:
а — форма 1, $\alpha_{cr} = 3.29$; б — форма 2, $\alpha_{cr} = 6.79$; в — форма 3, $\alpha_{cr} = 7.66$; г — форма 4, $\alpha_{cr} = 14.73$

за загальновідомою теоретичною формулою (11) і отриманих у Consteel.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \left(GI_t + \frac{\pi^2 EI_w}{L_T^2} \right); \quad (11)$$

$$i_0^2 = i_y^2 + i_z^2. \quad (12)$$

Для розрахунків було прийнято наступні дані: момент інерції при вільному крученні $I_t = 60.24 \text{ см}^4$, секторальний момент інерції $I_w = 12 \cdot 105 \text{ см}^6$, радіус інерції відносно осі y $i_y = 127.5 \text{ мм}$, радіус інерції відносно осі z $i_z = 77.0 \text{ мм}$, $L_T = 8,0 \text{ м}$ (форма 1) і $4,0 \text{ м}$ (форма 3) — довжини згину при крутильному згині, а сталі S235 відповідає значення модуля пружності $E = 210 \text{ ГПа}$ та модуля зсуву $G = 80.77 \text{ ГПа}$.

З порівняння результатів, наведених у таблиці 2, випливає, що Consteel достовірно визначає значення критичних навантаж у разі крутильного згину. Це практично те саме значення, що одержано за теоретичними формулами.

Таблиця 2

Порівняння критичної сили кручення, визначеної теоретично та в Consteel

Форма втрати стійкості	Величина $N_{cr,T}$, кН, формула (11)	Величина $N_{cr,T}$, кН, програма Consteel	$\frac{N_{cr,T}, \text{ формула (11)}}{N_{cr,T}, \text{ Consteel}}$
Форма 1	3944.8	$1200 \times 3.29 = 3948$	0.9992
Форма 3	9199.9	$1200 \times 7.66 = 9192$	1.0009

Знання наявності крутильних форм втрати стійкості дозволяє правильно оцінити несну здатність колони під час стискання з урахуванням крутильного згину. Як варіант, проєктант може вжити заходів щодо належного підкріплення конструкції — наприклад, заблокувати можливість повороту колони в місцях приєднання підтримувальних стрижнів, що зменшить ризик виникнення крутильної форми втрати стійкості.

Додатково програма Consteel дає змогу вельми інтуїтивним і простим способом визначити несну здатність і ступінь використання елементів згідно з загальним методом за п. 6.3.4 [2] (рис. 8).

Based on EN 1993-1-1

Utilization	72,2 %	
Applied part of standard	6.3.4 - (6.63, 6.64, 6.65, 6.66) formula	
Load amplifier for the global stability resistance to reach the characteristic resistance of the of the current cross section at the most compressed cross sectional point	$\alpha_{ult,k}$	2,081
Note	Load amplifier is calculated at the critical point of the member	
Elastic critical load factor	$\alpha_{cr,op}$	3,290
Global structural slenderness	λ_{op}	0,795
Buckling imperfection factor	α	0,490
Buckling auxiliary factor	Φ	0,962
Buckling reduction factor	χ	0,665
LTB imperfection factor	α_{LT}	0,490
LTB auxiliary factor	Φ_{LT}	0,962
LTB reduction factor	χ_{LT}	0,665
Design compression force	N_{Ed}	-1 200,000 kN
Design bending moment	$M_{y,Ed}$	0,000 kNm
Design bending moment	$M_{z,Ed}$	0,000 kNm
Design bimoment	B_{Ed}	0,000 kNm ²
Characteristic value of pure compression resistance	N_{Rk}	2 497,345 kN
Characteristic value of pure major axis bending resistance	$M_{y,Rk}$	309,821 kNm
Sign coeff. of M_y resistance	1.0	
Characteristic value of pure minor axis bending resistance	$M_{z,Rk}$	98,700 kNm
Sign coeff. of M_z resistance	-1.0	
Design resistance of bimoment	B_{Rk}	13,621 kNm ²
Sign coeff. of B resistance	1.0	
Partial factor	γ_{M1}	1,000

Рис. 8. Протокол розрахунку колони в програмі Consteel

Підсумок та висновки.

У статті викладено ключові аспекти проектування сталевих конструкцій з урахуванням депланації перерізу, що становить важливе доповнення до класичного підходу в аналізі стрижневих елементів. Варто підкреслити, що попри усталене застосування стрижневих скінченних елементів із 6 СС у програмних комплексах на основі методу скінченних елементів, вони не здатні точно відтворити явище кручення з депланацією, що може призвести до суттєвого переоцінення несної здатності елементів і навіть спричинити будівельну катастрофу.

Використання досконаліших стрижневих скінченних елементів із 7 СС, які враховують можливість депланації перерізу та виникнення бімоменту, дозволяє більш реалістично відтворити механіку тонкостінних сталевих профілів. Інтеграція цього підходу із загальним методом проектування сталевих конструкцій згідно п. 6.3.4 [2], що передбачає врахування коефіцієнта критичної навантаги α_{cr} для цілої конструкції або її частини, дає змогу здійснити повнішу та більш універсальну оцінку стійкості.

Порівняльний аналіз отриманих результатів розрахунку у наведеному прикладі засвідчив, що моделі стрижневих елементів із 7 СС здатні виявляти форми втрати стійкості, не враховані

класичними моделями — особливо ті, що пов'язані з депланацією та крученням, які можуть визначати несну здатність конструкції. Однак застосування стрижневих скінченних елементів із 7 СС потребує точного відтворення реальних умов обпирання та способу з'єднання елементів конструкції.

З метою безпечного та ефективного проектування сталевих конструкцій автори рекомендують проводити:

- тривимірний аналіз конструкції з використанням стрижневих скінченних елементів із 7 СС;
- автоматизоване застосування загального методу згідно з п. 6.3.4 [2] для оцінки несної здатності та рівня використання перерізів у випадках стиску і згину;
- виконувати аналіз форм втрати стійкості з урахуванням депланації перерізу;
- оптимізувати сталеві конструкції із застосуванням сучасного, високопродуктивного інженерного програмного забезпечення (наприклад Consteel або RFEM 6).

Застосування цих інструментів дозволяє не лише виконати вимоги норми [2], а й значно точніше та раціональніше проектувати стрижневі сталеві конструкції, зокрема із тонкостінними перерізами, які дедалі ширше застосовуються в сучасному будівництві.

Подяка. Автори статті дякують члену-кореспонденту НАН України, лауреату Державної премії України в галузі науки і техніки, заслуженому діячу науки і техніки України, доктору технічних наук, професору Олександр Шимановському за його підтримку та технічну допомогу у підготовці тексту статті.

- [1] Vlasov V. Z. Thin-Walled Elastic Beams. — Jerusalem: Israel Program for Scientific Translations, 1961. — 507 p.
- [2] EN 1993-1-1:2005 Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-1: General rules and rules for buildings. — Brussels: European committee for standardization, 2005. — 91 p. (в Україні цим нормам відповідає ідентичний державний стандарт ДСТУ-Н Б EN 1993-1-1:2010. Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд (EN 1993-1-1:2005. IDT). — Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. — 119 с.).
- [3] <https://consteelsoftware.com/>
- [4] <https://www.dlubal.com/pl>
- [5] Kala Z. Sensitivity analysis of steel plane frames with initial imperfections // Engineering Structures, 2011. — Vol. 33. — Issue 8. — P. 2342–2349.
- [6] Papp F., Szalai J. Theory and application of the general method of Eurocode 3 part 1-1 // Conference «EUROSTEEL 2011». — Budapest, 2011. — 6 p.
- [7] Szalai J. Application of the «General Method» of EN 1993-1-1 6.3.4 for the buckling design of global structural models // Congresso «XXVIII CONGRESSO C.T.A. Le Giornate Italiane Della Construzione in Acciaio». — Francavilla al Mare, 2022. — P. 511–518.
- [8] Bijlaard F., Feldmann M., Naumes J., Sedlacek G. The general method for assessing the out-of-plane stability of structural members and frames and comparison with alternative rules in EN 1993 — Eurocode 3 — Part 1-1 // Steel Construction, 2010. — № 3(1). — P. 19–33.
- [9] Simões da Silva L., Marques L., Rebelo C. Numerical validation of the general method in EC3-1-1 for prismatic members // Constructional Steel Research, 2010. — № 66. — P. 575–590.
- [10] Ferreira J., Vila Real P., Couto C. Comparison of the General Method with the Overall Method for the out-of-plane stability of members with lateral restraints // Engineering Structures, 2017. — № 151. — P. 153–172.
- [11] Hajdú G., Papp F. On the accuracy of general method adapted in EN 1993-1-1 // Constructional Steel Research, 2022. — № 195. — Article 107354.
- [12] Czepizak D. Innovative Look at the «General Method» of Assessing Buckling Resistance of Steel Structures // Studia Geotechnica et Mechanica, 2021. — № 43. — Issue 4. — S. 337–345.
- [13] Papp F., Szalai J. New approaches in Eurocode 3 — efficient global structural design Part 1: 3D model based analysis using general beam-column FEM. // ResearchGate, 2012. — 8 p.
- [14] Chen W.-F., Atsuta T. Theory of Beam-Columns. Volume 2: Space Behavior and Design. — New York: McGraw-Hill, 1977. — 732 p.
- [15] Szalai J. Use of eigenvalue analysis for different levels of stability design // Conference «SDSS» Rio 2010. Stability and ductility of steel structures. — Rio de Janeiro, 2010. — 9 p.
- [16] Papp F., Rubert A., Szalai J. DIN EN 1993-1-1-konforme integrierte Stabilitätsanalysen für 2D/3D-Stahlkonstruktionen (Teil 1) // Stahlbau, 2014. — Vol. 83. — Issue 1. — P. 1–15.
- [17] Czepizak D., Machowiak A. Porównanie wybranych metod oceny momentu krytycznego zwirzenia belek o zmiennej wysokości środka // Inżynieria i Budownictwo, 2021. — R. 77. — N. 5–6. — S. 269–274.

Стаття надійшла 12.10.2025 р.

РАЙОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ ВОЛОВЕЦЬКОГО І МІЖГІРСЬКОГО РАЙОНІВ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ УКРАЇНИ ЗА МАКСИМАЛЬНОЮ ГЛИБИНОЮ ПРОМЕРЗАННЯ ҐРУНТУ

Анотація. Детальне обчислення максимальних глибин промерзання ґрунту для територій Воловецького і Міжгірського районів Закарпатської області України проведено за двома методиками: перша — за матеріалами 135-річних спостережень (1889–2024 рр.) на 7-ми із 9-ти наявних метеостанцій Закарпатської області з використанням максимальної глибини промерзання ґрунту, друга — із залученням додатково до обчислень середніх висот снігового покриву, а також із застосуванням в обох методиках 4-х напрямків між двома дослідженими метеостанціями та виведених формул висотних коефіцієнтів.

Abstract. A detailed calculation of the maximum soil freezing depths for the territories of the Volovets and Mizhhirsk districts of the Transcarpathian region of Ukraine was carried out using two methods: the first — based on the materials of 135 annual observations (1889–2024) at 7 of the 9 available weather stations of the Transcarpathian region using the maximum soil freezing depth, the second — with the additional use of average snow cover heights in calculations, as well as the use of 4 directions between the two studied weather stations and derived formulas for altitude coefficients in both methods.

Ключові слова: метеостанції, максимальна глибина промерзання ґрунту, середня висота снігового покриву, висотні коефіцієнти; спрощені формули, ізотерми максимальних глибин промерзання ґрунту.

Вступ. Для обчислення максимальних глибин промерзання ґрунту на територіях (населені пункти, вершини і перевали гір) Воловецького і Міжгірського районів Закарпатської області України вперше використані вихідні дані за 135-річними спостереженнями (1889–2024 рр.) на 7-ми із 9-ти наявних метеостанцій Закарпатської області України. П'ять метеостанцій використані для створення 4-х напрямків з обчислення наступних висотних коефіцієнтів: максимальних глибин промерзання ґрунту, середніх висот снігового покриву, спільних параметрів (разом: сума середніх висот снігового покриву і максимальних глибин промерзання ґрунту), запропоновані наступні напрямки: Нижні Ворота — 500 м ÷ Плай — 1330 м; Хуст — 166 м ÷ Плай — 1330 м; Ужгород — 114,6 м ÷ Плай — 1330 м; Берегово — 113 м ÷ Плай — 1330 м. Результати 135-річних спостережень на 7-ми метеостанціях із наявних 9-ти за максимальною глибиною промерзання ґрунту, місяцем і роком спостережень, середньою висотою снігового покриву, спільним параметром (сума середньої висоти снігового покриву і максимальної глибини промерзання ґрунту) наведені в таблиці 1.

Метеостанції Нижній Студений і Міжгір'я створюють свій внутрішній напрямок Міжгір'я — 456 м ÷ Нижній Студений — 615 м, який застосовується тільки для їх потреб і не може



Я. С. Гук,
доцент кафедри міського
будівництва і господарства
Ужгородського національного
університету, к. т. н.,
член національної спілки
архітекторів України



І. П. Радиш,
доцент кафедри геодезії
і землеустрою Ужгородського
національного університету, к. т. н.



І. Ф. Найбауер,
інженер І-ї категорії Ужгородського
національного університету



Е. Й. Новак,
науковий співробітник
Ужгородського національного
університету

Таблиця 1

Результати досліджень за 135-річними спостереженнями (1889–2024 рр.)
на 7-ми метеостанціях Закарпатської області України

Назва метеостанції	Висота над рівнем Балтійського моря, м	Місяць і рік спостережень	Максимальна глибина промерзання ґрунту, см	Середня висота снігового покриву, см	Спільні параметри (разом: сума середньої висоти снігового покриву і максимальної глибини промерзання ґрунту), см
Нижні Ворота	500	02.1979	73	34	107
Хуст	166	02.1972	58	28	86
Ужгород	114,6	02.1964	63	20	83
Берегово	113	02.1954	65	17	82
Плай	1330	02.1979	97,9	62	159,9
Нижній Студений	615	02.1954	59	35	94
Міжгір'я	456	01.1972	54	33	87

бути застосований для створення напрямків Міжгір'я — 456 м ÷ Плай — 1330 м; Нижній Студений — 615 м ÷ Плай — 1330 м через знаходження цих метеостанцій в ущелинах, тому прямолінійності цих напрямків завадять наявні примикаючі вершини гір.

Аналіз останніх результатів досліджень. Враховані детально досліджені за максимальною глибиною промерзання ґрунту гірські райони Закарпатської [2, 6], Івано-Франківської [8], Чернівецької [5], Львівської [11] областей і прилеглі території Словаччини, Угорщини, Румунії, Польщі, а також клімат Ужгорода [1] та рекомендації щодо вивчення даного параметра закордонними вченими [2, 10], а також чинні вітчизняні норми, порівняння абсолютного максимуму температури в Карпатах і Татрах [12].

Основна мета дослідження: детально вивчити максимальні глибини промерзання ґрунту на територіях Воловецького і Міжгірського районів Закарпатської області України за даним 135-річних (1889–2024 рр.) спостережень на 7-ми метеостанціях — перша методика та із залученням до розрахунку додатково середньої висоти снігового покриву — друга методика.

Постановка мети і задач досліджень. Дослідженнями доведено, що максимальна глибина промерзання ґрунту на напрямку 1–2 між метеостанціями 1, 2 підпорядкована висотним коефіцієнтам максимальної глибини промерзання ґрунту, її обчислюють за формулами:

$$h_{\text{гл.пром.ст.Х}} = h_{\text{гл.пром.ст.1}} \pm K_{\text{гл.пр.1-2}} \cdot \Delta H_{\text{Х-1}}, \quad (1)$$

де $h_{\text{гл.пром.ст.Х}}$, $h_{\text{гл.пром.ст.1}}$ — максимальні глибини промерзання ґрунту на станціях Х, 1 на напрямку 1–2, см;

$$K_{\text{гл.пром.1-2}} = \frac{h_{\text{гл.пром.ст.2}} - h_{\text{гл.пром.ст.1}}}{H_2 - H_1}, \quad (2)$$

де $K_{\text{гл.пром.1-2}}$ — висотний коефіцієнт максимальної глибини промерзання ґрунту на напрямку 1–2, см/м; $h_{\text{гл.пром.ст.2}}$ — максимальна глибина промерзання ґрунту на ст. 2, см; H_1 , H_2 — висоти над рівнем Балтійського моря станцій 1, 2, м;

$$\Delta H_{\text{Х-1}} = H_{\text{Х}} - H_1, \quad (3)$$

де $H_{\text{Х}}$ — висота над рівнем Балтійського моря ст. Х, м; $\Delta H_{\text{Х-1}}$ — різниця висот над рівнем Балтійського моря між ст. Х і ст. 1, м.

Для контролю і порівняння результатів обчислень за формулами 1 — 3 додатково застосовують другу методику розрахунку із введенням у розрахунки досліджених даних середньої висоти снігового покриву. Спочатку використовують формули для обчислення середньої висоти снігового покриву:

$$h_{\text{сп.ст.Х}} = h_{\text{сп.ст.1}} \pm K_{\text{сп.ст.1-2}} \cdot \Delta H_{\text{Х-1}}, \quad (4)$$

де $h_{\text{сп.ст.Х}}$, $h_{\text{сп.ст.1}}$ — середня висота снігового покриву на ст.Х, ст. 1, см; $K_{\text{сп.ст.1-2}}$ — висотний коефіцієнт середньої висоти снігового покриву на напрямку 1–2, см/м;

$$K_{\text{сп.ст.1-2}} = \frac{h_{\text{сп.ст.2}} - h_{\text{сп.ст.1}}}{H_2 - H_1}, \quad (5)$$

де $h_{\text{сп.ст.2}}$ — середня висота снігового покриву на ст. 2, см.

Для наступних розрахунків застосовують спільний параметр (разом: сума максимальної глибини

промерзання ґрунту і середньої висоти снігового покриву) і відповідні формули:

$$h_{\text{сп.,ст.}X} = h_{\text{сп.,ст.}1} \pm K_{\text{сп.,ст.}1-2} \cdot \Delta H_{X-1}, \quad (6)$$

де $h_{\text{сп.,ст.}X}$, $h_{\text{сп.,ст.}1-2}$ — спільні параметри (разом: сума середніх висот снігового покриву і максимальної глибини промерзання ґрунту) на станціях X, 1, см.

$$K_{\text{сп.}1-2} = \frac{h_{\text{сп.,ст.}2} - h_{\text{сп.,ст.}1}}{H_2 - H_1}, \quad (7)$$

або

$$K_{\text{сп.}1-2} = K_{\text{гл.пр.}1-2} + K_{\text{сн.}1-2}, \quad (8)$$

де $h_{\text{сн.,ст.}1}$ — спільний параметр (разом: сума максимальної глибини промерзання ґрунту і середньої висоти снігового покриву) на метеостанції 2 напрямку 1–2, см; $K_{\text{сп.}1-2}$ — висотний коефіцієнт для спільних параметрів на напрямку 1–2, см/м.

(сума середньої висоти снігового покриву і максимальної глибини промерзання ґрунту). Результати обчислення висотних коефіцієнтів на 4-х напрямках наведені в таблиці 2.

Результати обчислення максимальних глибин промерзання ґрунту на висотах горизонталей топокарт (планів) територій Воловецького і Міжгірського районів Закарпатської області України в межах висот 400 м — 1330 м на 4-х напрямках Нижні Ворота — 500 м ÷ Плай — 1330м; Хуст — 166 м ÷ Плай — 1330 м; Ужгород — 114,6 м ÷ Плай — 1330 м; Берегово — 113 м ÷ Плай — 1330 м за обчисленими висотними коефіцієнтами максимальної глибини промерзання ґрунту між напрямками 1–2 та застосованими 135-річними (1889–2024 рр.) спостереженнями на 7-ми метеостанціях максимальної глибини промерзання ґрунту для ст. 1 (формула 1) подані в таблиці 3.

Таблиця 2

Результати обчислення висотних коефіцієнтів на 4-х напрямках Нижні Ворота — Плай; Хуст — Плай; Ужгород — Плай; Берегово — Плай і для внутрішнього напрямку Міжгір'я — Нижній Студений

Напрямки	Висотні коефіцієнти		
	максимальної глибини промерзання ґрунту (ф-ла 2), см/м	середньої висоти снігового покриву (ф-ла 5), см/м	спільних (разом: сума середніх висот снігового покриву і максимальних глибин промерзання ґрунту (ф-ли 7, 8)), см/м
Нижні Ворота — 500 м ÷ Плай — 1330м	0,03000	0,03373	0,06373
Хуст — 166 м ÷ Плай — 1330м	0,03427	0,02920	0,06348
Ужгород — 114,6 м ÷ Плай — 1330м	0,02703	0,03455	0,06327
Берегово — 113 м ÷ Плай — 1330м	0,02703	0,03697	0,06400
Внутрішній напрямок: Міжгір'я — 465 м ÷ Нижній Студений — 615м	0,031	0,0125	0,04402

Для обчислення максимальної глибини промерзання ґрунту при застосуванні спільного параметра використовують формулу

$$h_{\text{гл.пр.,ст.}X} = h_{\text{сп.,ст.}X} - h_{\text{сн.,ст.}X}, \quad (9)$$

де $h_{\text{гл.пр.,ст.}X}$ — максимальна глибина промерзання ґрунту на ст.X, см; $h_{\text{сп.,ст.}X}$ — спільний параметр на ст.X, см; $h_{\text{сн.,ст.}X}$ — середня висота снігового покриву на ст.X, см.

Результати досліджень. За 4-ма напрямками: Нижні Ворота — 500 м ÷ Плай - 1330 м; Хуст — 166 м ÷ Плай — 1330 м; Ужгород — 114,6 м ÷ Плай — 1330 м; Берегово — 113 м ÷ Плай — 1330 м та формулами 2, 5, 7, 8 обчислені висотні коефіцієнти: максимальної глибини промерзання ґрунту, середньої висоти снігового покриву, спільного параметра

Результати обчислення середніх висот снігового покриву на висотах горизонталей топокарт (планів) територій Воловецького і Міжгірського районів Закарпатської області, в межах висот 400 м — 1330 м на 4-х напрямках: Нижні Ворота — 500 м ÷ Плай - 1330м; Хуст — 166 м ÷ Плай — 1330м; Ужгород — 114,6 м ÷ Плай - 1330м; Берегово — 113 м ÷ Плай — 1330 м за обчисленими висотними коефіцієнтами середньої висоти снігового покриву між напрямками 1–2 та застосованими 135 річними (1889–2024 рр.) спостереженнями на 7-ми метеостанціях середньої висоти снігового покриву для ст. 1 (формула 4) подані в таблиці 4.

Результати обчислення спільних параметрів (разом: сума середніх висот снігового покриву

Таблиця 3

Результати обчислення максимальних глибин промерзання ґрунту на висотах горизонталей топокарт (планів) територій Воловецького і Міжгірського районів Закарпатської області України в межах висот 400 м — 1330 м на 4-х напрямках (формула 1)

Висота горизонталей, м	Нижні Ворота — 500 м ÷ Плай — 1330 м, $K_{пр.1-2} = 0,03$ см/м $h_{пр.ст.1} = 73$ см $h_{пр.х'}$ см	Хуст — 166 м ÷ Плай — 1330 м, $K_{пр.1-2} = 0,03427$ см/м $h_{пр.ст.1} = 58$ см $h_{пр.х'}$ см	Ужгород — 114,6 м ÷ Плай — 1330 м $K_{пр.1-2} = 0,02871$ см/м $h_{пр.ст.1} = 63$ см $h_{пр.х'}$ см	Берегово — 113 м ÷ Плай — 1330 м $K_{пр.1-2} = 0,02703$ см/м $h_{пр.ст.1} = 65$ см $h_{пр.х'}$ см	Середні параметри промерзання ґрунту на горизонталях $h_{пр.сер.х'}$ см
400	70	66	71	72	70
500	73	69	76	75	73
600	76	73	77	78	76
700	79	76	80	81	79
800	82	80	83	84	82
900	85	83	86	86	85
1000	88	86	88	89	88
1100	91	90	91	92	91
1200	94	93	94	94	94
1300	97	96	97	97	97
1330	97,9	97,9	97,9	97,9	97,9

Таблиця 4

Результати обчислення середніх висот снігового покриву на висотах горизонталей топокарт (планів) територій Воловецького і Міжгірського районів Закарпатської області України в межах висот 400 м — 1330 м на 4-х напрямках (формула 4)

Висота горизонталей, м	Нижні Ворота — 500 м ÷ Плай — 1330 м, $K_{сн.1-2} = 0,03373$ см/м $h_{сн.ст.1} = 34$ см $h_{сер.вис.х'}$ см	Хуст — 166 м ÷ Плай — 1330 м, $K_{сн.1-2} = 0,02920$ см/м $h_{сн.ст.1} = 28$ см $h_{сер.вис.х'}$ см	Ужгород — 114,6 м ÷ Плай — 1330 м $K_{сн.1-2} = 0,03455$ см/м $h_{сн.ст.1} = 20$ см $h_{сер.вис.х'}$ см	Берегово — 113 м ÷ Плай — 1330 м $K_{сн.1-2} = 0,03697$ см/м $h_{сн.ст.1} = 17$ см $h_{сер.вис.х'}$ см	Середні значення середньої висоти снігового покриву $h_{сн.сер.х'}$ см
400	30,6	34,8	29,9	27,6	30,7
500	34,0	37,7	33,3	31,3	34,0
600	37,3	40,6	36,8	34,9	37,4
700	40,7	43,6	40,2	38,7	40,8
800	44,1	46,5	43,7	42,3	44,1
900	47,5	49,4	47,1	46,0	47,5
1000	50,8	52,3	50,6	49,7	50,8
1100	54,2	55,2	54,0	53,4	54,2
1200	57,6	58,2	57,5	57,1	57,6
1300	60,9	61,1	60,9	60,8	60,9
1330	62,0	62,0	62,0	62,0	62,0

і максимальних глибин промерзання ґрунту) на висотах горизонталей топокарт (планів) територій Воловецького і Міжгірського районів Закарпатської області в межах висот 400 м — 1330 м на 4-х напрямках: Нижні Ворота — 500 м ÷ Плай — 1330 м; Хуст — 166 м ÷ Плай — 1330 м; Ужгород — 114,6 м ÷ Плай — 1330 м; Берегово — 113 м ÷ Плай — 1330 м за обчисленими спільними висотними коефіцієнтами між напрямками 1–2 та застосованими 135-річними (1889–2024 рр.) спостереженнями на 7-ми метеостанціях спільних параметрів для ст. 1 (ф-ла 6) наведені в таблиці 5.

Порівняння результатів обчислених максимальних глибин промерзання ґрунту (ф-ла 8) на територіях Воловецького і Міжгірського районів Закарпатської області на висотах горизонталей 400 м — 1330 м за 135-річними спостереженнями (1889–2024 рр.) на 7-ми метеостанціях за двома методиками: 1-а — за висотними коефіцієнтами максимальної глибини промерзання ґрунту (ф-ла 1), 2-а — за висотними коефіцієнтами спільних параметрів (сума середніх висот снігового покриву і максимальних глибин промерзання ґрунту (ф-ла 6) за мінусом обчислених на горизонталях в межах висот 400 м — 1330 м

Таблиця 5

Результати обчислення спільних параметрів на висотах горизонталей топокарт (планів) територій Воловецького і Міжгірського районів Закарпатської обл. на 4-х напрямках за обчисленими спільними висотними коефіцієнтами між напрямками 1–2 та застосованими 135-річними спостереженнями на 7-ми метеостанціях спільних параметрів для ст. 1 (формула 6)

Висота горизонталей, м	Нижні Ворота — 500 м ÷ Плай — 1330 м, $K_{\text{сп.1-2}} = 0,06373 \text{ см/м}$ $h_{\text{сп.ст.1}} = 107 \text{ см}$ $h_{\text{сп.х'}} \text{ см}$	Хуст — 166 м ÷ Плай — 1330 м, $K_{\text{сп.1-2}} = 0,06348 \text{ см/м}$ $h_{\text{сп.ст.1}} = 86 \text{ см}$ $h_{\text{сп.х'}} \text{ см}$	Ужгород — 114,6 м ÷ Плай — 1330 м, $K_{\text{сп.1-2}} = 0,06327 \text{ см/м}$ $h_{\text{сп.ст.1}} = 83 \text{ см}$ $h_{\text{сп.х'}} \text{ см}$	Берегово — 113 м ÷ Плай — 1330 м, $K_{\text{сп.1-2}} = 0,06400 \text{ см/м}$ $h_{\text{сп.ст.1}} = 82 \text{ см}$ $h_{\text{сп.х'}} \text{ см}$	Середні значення спільних параметрів $h_{\text{сп.срп, х'}} \text{ см}$
400	100,6	100,8	101,0	100,3	100,6
500	107,0	107,2	107,3	106,7	107,0
600	113,3	113,5	113,7	113,1	113,4
700	119,7	119,8	120,0	119,6	119,7
800	126,1	126,2	126,3	125,9	126,1
900	132,4	132,5	132,6	132,4	132,4
1000	138,8	138,9	139,0	138,8	138,8
1100	145,2	145,2	145,3	145,2	145,2
1200	151,6	151,6	151,6	151,6	151,6
1300	157,9	157,9	158,0	158,0	157,9
1330	159,9	159,9	159,9	159,9	159,9

Таблиця 6

Порівняння результатів обчислень максимальних глибин промерзання ґрунту на територіях Воловецького і Міжгірського районів Закарпатської обл. України з використанням горизонталей топографічних карт за двома методиками 135-річними спостереженнями за максимальною глибиною промерзання ґрунту на 7-ми метеостанціях і за спільними параметрами (сума максимальних глибин промерзання ґрунту і середньої висоти снігового покриву)

Висоти горизонталей, м	Спільні параметри (сума середніх висот снігового покриву і максимальної глибини промерзання ґрунту, см (формула 6))	Середні висоти снігового покриву, см (формули 4, 5)	Максимальна глибина промерзання ґрунту, см (формули 1, 2, 3)	Спільні параметри за мінусо м на горизонталях середніх висот снігового покриву (формула 9)	Порівняння результатів обчислень за двома методиками
400	100,6	30,7	71,0	71,0	–
500	107,0	34,0	73,0	73,0	–
600	113,4	37,4	79,0	79,0	–
700	119,7	40,8	82,0	82,0	–
800	126,1	44,1	84,9	84,9	–
900	132,4	47,5	88,0	88,0	–
1000	138,8	50,8	91,0	91,0	–
1100	145,2	54,2	94,0	94,0	–
1200	151,6	57,6	94,0	94,0	–
1300	157,9	60,9	97,0	97,0	–
1330	159,9	62,0	97,9	97,9	–

середніх висот снігового покриву (ф-ла 4) подані в таблиці 6.

Аналіз таблиці 6 підтверджує рівність розрахунків максимальної глибини промерзання ґрунту за двома методиками (обчислень колонки 5 і аналогічні обчислень колонки 6).

Для обчислення (формули 6–8) решти максимальних глибин промерзання ґрунту (табл. 7, 8) приймають один напрямок Нижні Ворота — 500 м ÷

Плай — 1330 м і висотний коефіцієнт максимальної глибини промерзання ґрунту $K_{\text{гл.пром.1-2}} = 0,03 \text{ см/м}$. Це обумовлено тим, що обчислені параметри цього напрямку відповідають середнім значенням із 4-х напрямків.

В таблиці 7 подані результати обчислень максимальної глибини промерзання ґрунту в населених пунктах, на вершинах і перевалах гір Воловецького району в межах висот 400 м — 1450 м,

Таблиця 7

**Максимальна глибина промерзання ґрунту в населених пунктах, на вершинах і перевалах Воловецького району
Закарпатської області в межах висот 400 м — 1450 м**

№ з/п	Назва населеного пункту, вершини, перевалу	Висота над рівнем Балтійського моря, м	Максимальна глибина промерзання ґрунту, см
1.	Підполоззя	400	70
2.	Занька	400	70
3.	Абранка	440	71
4.	Верхня Грабівниця	440	71
5.	Пашківці	500	73
6.	Верхні Ворота	500	73
.	Збини	500	73
8.	Жденієво	500	73
9.	Завадка	500	73
10.	Нижні Ворота	500	73
11.	Воловець (Яблунів)	500	73
12.	Ялове	500	73
13.	Котельниця	520	74
14.	Тишів	520	74
15.	Верб'яж	520	74
16.	Уклин	540	76
17.	Розтока	600	78
18.	Кічерний	600	78
19.	Перехресний	600	78
20.	Щербовець	600	78
21.	Латірка	600	78
22.	Конора	600	78
23.	Скотарське	600	78
24.	Гукливий	600	78
25.	Лази	600	78
26.	Буковець	700	79
27.	г. Великий Михновець	716	79
28.	г. Горище	722,4	80
29.	г. Кічерка	733,7	80
30.	г. Ясний Верх	749,1	80
31.	г. Бочки-Чертеж	781,2	81
32.	г. Погар	801	82
33.	г. Стан	802	82

№ з/п	Назва населеного пункту, вершини, перевалу	Висота над рівнем Балтійського моря, м	Максимальна глибина промерзання ґрунту, см
34.	г. Верб'яж	813,8	82
35.	г. Перегиб	818,3	83
36.	г. Бердя	819	83
37.	г. Ясенева	837	83
38.	перевал Середньо-Верецький	839	83
39.	г. Гимба	843	83
40.	г. Фетаців	867	84
41.	г. Корна	878	84
42.	г. Кічерка	932	85
43.	г. Великий Погар	964,3	87
44.	перевал Бескид	974,5	87
45.	г. Кінський Верх	980,7	87
46.	г. Яворник	1026	89
47.	г. Гуляйка	1038	89
48.	г. Високий Горб	1042	89
49.	г. Великий Вижень	1052,7	89
50.	г. Соколівка	1064	90
51.	г. Поражена	1065,5	90
52.	г. Серняків	1088	91
53.	г. Базьово	1095	91
54.	Широкий Менчил	1101,9	91
55.	г. Явірник	1120,6	92
56.	г. Великий Менчил	1202	94
57.	г. Менчелина	1210,2	94
58.	перевал Руський Шлях	1217	94
59.	г. Журівка	1226	95
60.	г. Старостина	1226,4	95
61.	г. Нодаг	1303,3	97
62.	г. Великий Верх	1309,1	97
63.	г. Плай	1330,5	98
64.	г. Темнатик	1343,8	98
65.	г. Остра Гора	1405,2	100
66.	г. Пікуй	1408,3	100

Таблиця 8

**Максимальна глибина промерзання ґрунту в населених пунктах, на вершинах і перевалах Міжгірського району
Закарпатської обл. в межах висот 400 м — 1750м**

№ з/п	Назва населеного пункту, вершини, перевалу	Висота над рівнем Балтійського моря, м	Максимальна глибина промерзання ґрунту, см	№ з/п	Назва населеного пункту, вершини, перевалу	Висота над рівнем Балтійського моря, м	Максимальна глибина промерзання ґрунту, см
1.	Запереділля	400	70	75.	г. Гнила	981,8	87
2.	Вучкове	400	70	76.	г. Корпуга	987	88
3.	Міжгір'я	456	72	77.	г. Великий Тин	997,3	88
4.	Репинне	480	72	78.	г. Свобода	1000	88
5.	Лелечин	480	72	79.	Береги	1000	88
6.	Сойми	500	73	80.	г. Прислоп	1000,4	88
7.	Лозянський	500	73	81.	г. Перенець	1002	88
8.	Річка	500	73	82.	г. Чорний Верх	1005,1	88
9.	Сухий	500	73	83.	Рабочин	1009,4	88
10.	Горб	500	73	84.	г. Скала	1020,1	89
11.	Підчумаль	500	73	85.	г. Псячка	1032,6	89
12.	Тушка	550	74	86.	г. Скеля	1038,5	89
13.	Голятин	600	76	87.	г. Клева	1047	89
14.	Торунь	600	76	88.	г. Плаї	1057	90
15.	Рекіти	600	76	89.	г. Солеще	1092	90
16.	Майдан	600	76	90.	г. Висока Клева	1110,6	91
17.	Новоселиця	600	76	91.	Буковинка	1112	91
18.	Пилипець	600	76	92.	г. Погар	1118,1	91
19.	Колочава	600	76	93.	г. Кам'яна	1127,8	91
20.	Подобень	600	76	94.	г. Житище	1136	92
21.	Мерешор	600	76	95.	г. Шовб	1140,1	92
22.	Лопушне	600	76	96.	г. Перехрестя	1143,6	92
23.	Негровець	600	76	97.	г. Коритище	1162,2	93
24.	Лісковець	600	76	98.	г. Ополонок	1171,4	93
25.	Верхній Бистрий	600	76	99.	г. Грабова	1187	94
26.	Сопки	600	76	100.	г. Плай	1189,5	94
27.	Буковець	600	76	101.	г. Полонина Кук	1189,9	94
28.	Нижній Студений	615	76	102.	г. Діл 1198	1198	94
29.	Синевір	640	77	103.	г. Чорний Діл	1202	94
30.	Розтока	640	77	104.	г. Кругля	1208,7	94
31.	г. Верхній Студений	700	79	105.	г. Цевела	1208,8	94
32.	Синевірська Поляна	700	79	106.	г. Ряпецька	1210,3	94
33.	При сліп	700	79	107.	г. Струнга	1210,5	94
34.	г. Ділок	723	80	108.	г. Бісуватий Діл	1211	94
35.	Стригальня	726	80	109.	г. Обнога	1211,7	94
36.	г. Плайк	729,8	80	110.	г. Клева	1228	95
37.	перевал Воловецький	731,4	80	111.	г. Кичера Кругла	1240,9	95
38.	г. Кизлик	737,8	80	112.	г. Минчел	1247,5	95
39.	г. Кичера	746,8	80	113.	г. Трихутари	1263,5	96
40.	г. М'якотц	749,1	80	114.	г. Верх Чорної Ріки	1269	96
41.	г. Клева	749,8	80	115.	г. Плешива	1287	96
42.	г. Вуски	752	80	116.	г. Менчил	1316	97
43.	г. Плантеш	780	81	117.	г. Мерша	1317,8	97
44.	Сітківці	800	82	118.	г. Тапеш	1324,6	97
45.	Загорб	800	82	119.	г. Руни	1330	97
46.	г. Биговець	800,8	82	120.	г. Кук	1361,2	98
47.	г. Цапова Кичера	810	82	121.	г. Малий Горган	1365,5	98
48.	г. Тарниця	817	82	122.	г. Граб	1378	99
49.	г. Кичера	817	82	123.	г. Мунчел	1382	99
50.	г. Погар	819,8	82	124.	г. Мунчелик	1382	99
51.	Завийка	820	82	125.	г. Секул	1389	99
52.	г. Кичера	821,5	82	126.	г. Явірник	1401,4	100
53.	г. Чистий Верх	821,6	82	127.	г. Присліп	1423,2	100
54.	г. Ільма	832,3	83	128.	г. Занога	1445,5	100
55.	г. Великий Горбок	855,4	83	129.	г. Попада	1451	100
56.	г. Переніж	857,3	83	130.	г. Барвінок	1461,2	101
57.	г. Обножанський	858	84	131.	г. Гимба	1491	102
58.	г. Вишковець	858,2	84	132.	г. Озерна	1495	102
59.	г. Дарвайка (Явора)	883,3	84	133.	г. Погар	1495,1	102
60.	г. Перехрестя	893	85	134.	г. Дарвайка	1501	103
61.	г. Заверхня Кичера	900	85	135.	г. Середня	1501,4	103
62.	г. Квасовець	912	85	136.	г. Магура	1516,8	103
63.	г. Рівна	912	85	137.	Передне	1543,3	104
64.	перевал Новоселицький	912,6	85	138.	г. Топас	1548,1	104
65.	г. Перехрестя	924,5	85	139.	г. Задня	1550	104
66.	перевал Вишківський	930,6	85	140.	г. Кам'янка	1578,5	105
67.	г. Оленовала	931,2	85	141.	г. Канч	1578,5	105
68.	перевал Присліп	937,2	86	142.	г. Великий Верх	1598	105
69.	г. Магура	941,2	86	143.	г. Передня	1598,5	105
70.	г. Присліп	944	86	144.	г. Ясновець	1628,2	106
71.	г. Негровець	946	86	145.	г. Стреміноса	1652	107
72.	г. Темба	946,3	86	146.	г. Стій	1681,5	108
73.	г. Косів Верх	956	86	147.	г. Негровець	1707,3	109
74.	г. Бобейка	976,2	87	148.	г. Стримба	1719,2	109

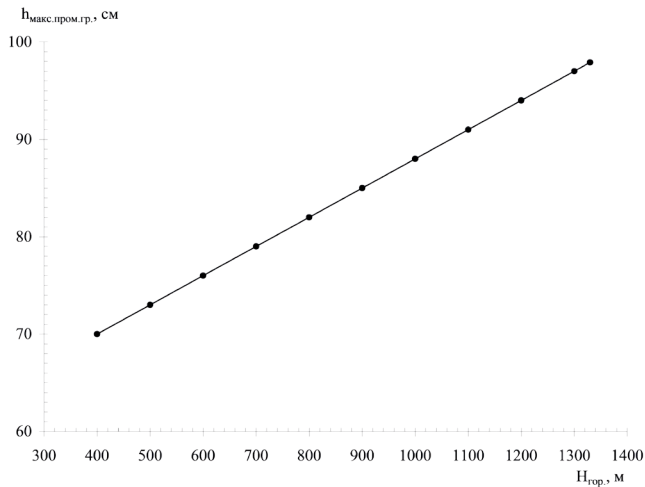


Рис. 1. Графік зміни максимальної глибини промерзання ґрунту від розташування висот станцій над рівнем Балтійського моря на горизонталях топокарт (планів) в межах висот 400 м — 1330 м

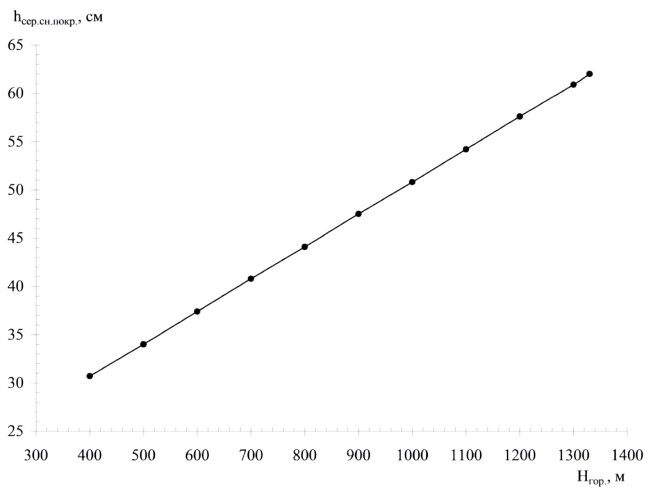


Рис. 2. Графік зміни середніх висот снігового покриву від розташування висот станцій над рівнем Балтійського моря на горизонталях топокарт (планів) в межах 400 м — 1330 м

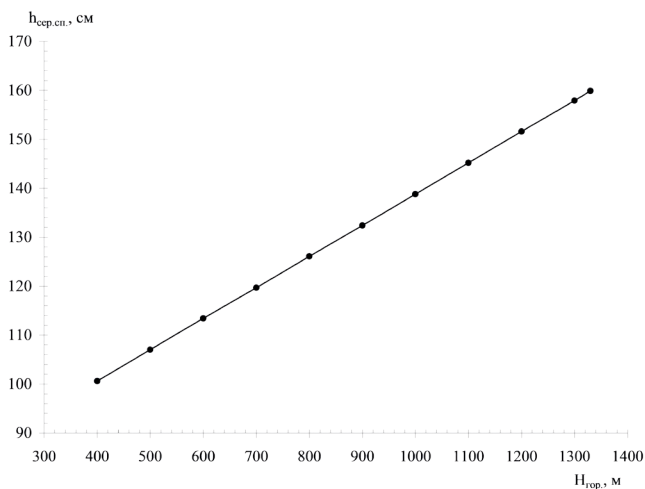


Рис. 3. Графік зміни спільних (сума максимальних глибин промерзання ґрунту і середніх висот снігового покриву) від розташування висот станцій над рівнем Балтійського моря на горизонталях топокарт (планів) в межах висот 400 м — 1330 м

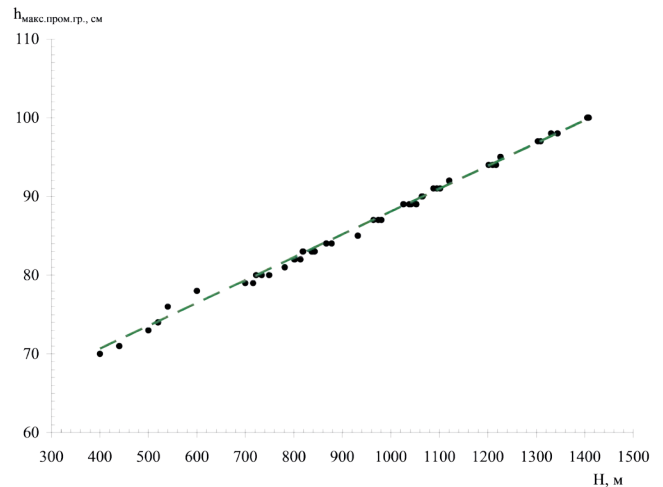


Рис. 4. Графік зміни максимальних глибин промерзання ґрунту від розташування висот станцій над рівнем Балтійського моря в межах висот 400 м — 1450 м на території Воловецького району

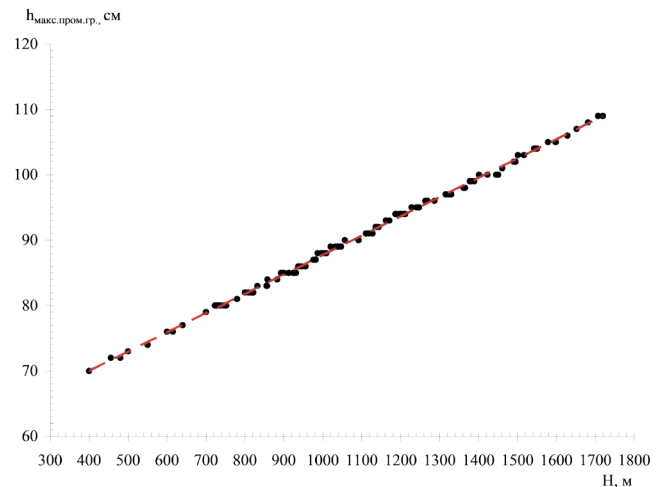


Рис. 5. Графік зміни максимальної глибини промерзання ґрунту від розташування висот станцій над рівнем Балтійського моря в межах висот 400 м — 1750 м на території Міжгірського району

а в таблиці 8 — аналогічно для Міжгірського району в межах висот 400 м — 1750 м.

На базі обчислених результатів таблиць 3 — 5 і 7 — 8 побудовані графіки (рис. 1 — 5).

На рис. 6 відображена карта районування території Воловецького району за максимальною глибиною промерзання ґрунту, а на рис. 7 — аналогічна карта Міжгірського району.

Територія двох районів поділена за максимальною глибиною промерзання ґрунту на такі зони:

- I зона 60–70 см,
- II зона 70–80 см,
- III зона 80–90 см,
- IV зона 90–110 см,
- V зона 100–110 см.

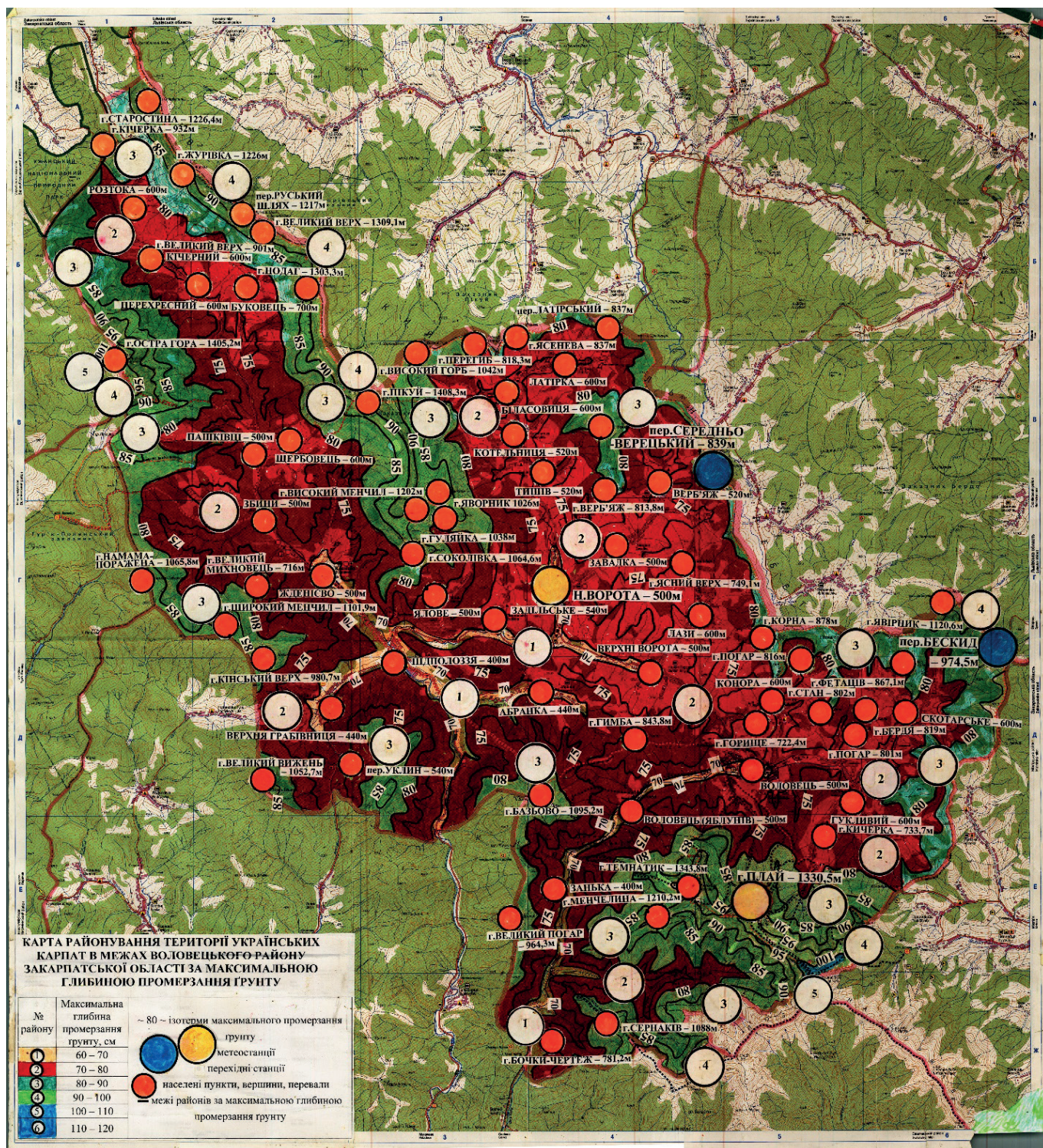


Рис. 6. Карта районування території Воловецького району за максимальною глибиною промерзання ґрунту

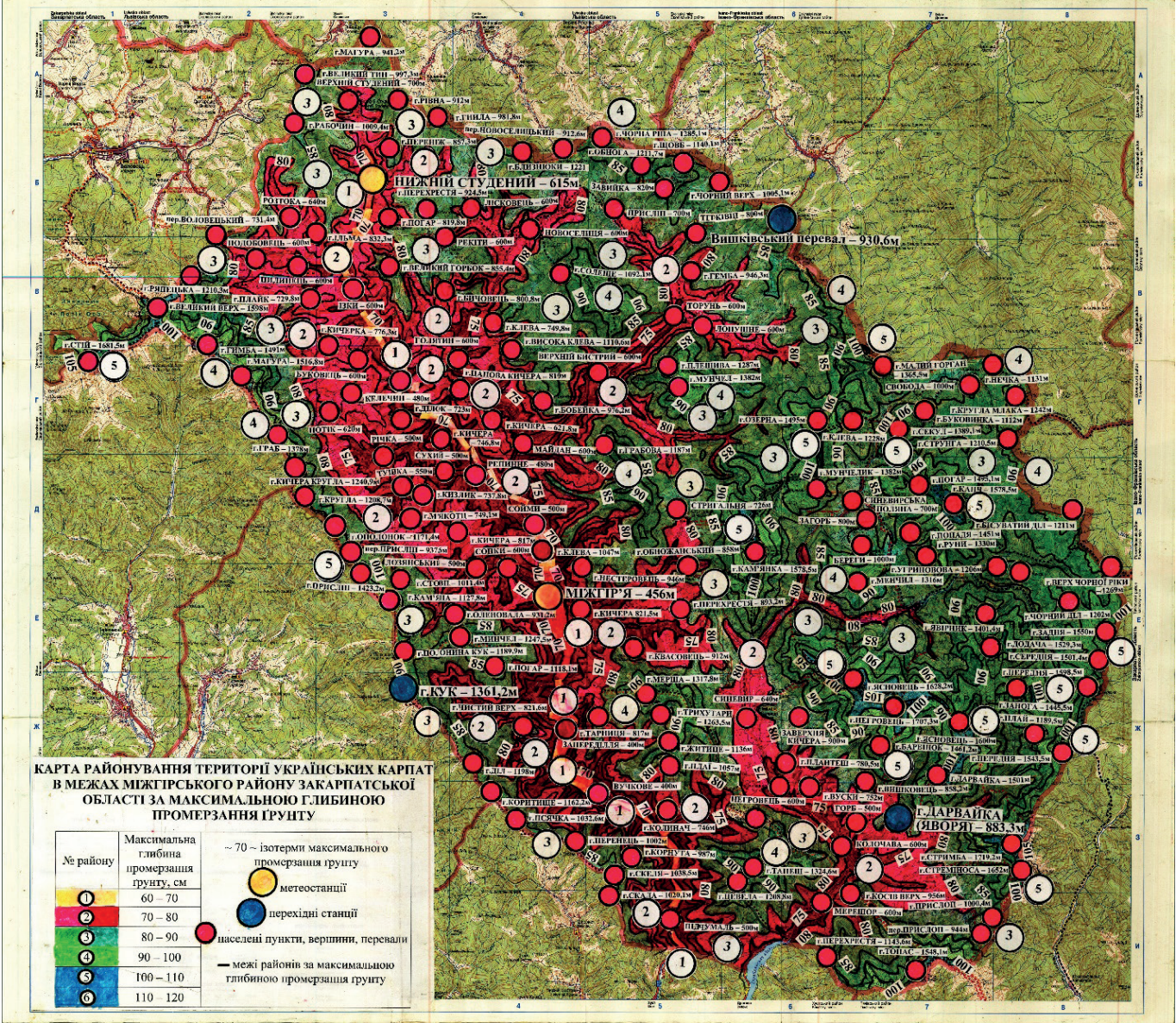


Рис. 7. Карта районування території Міжгірського району за максимальною глибиною промерзання ґрунту

Висновки. 1. Результати обчислення максимальних глибин промерзання ґрунту за висотними коефіцієнтами (перша методика) та із додатковим застосуванням середніх висот снігового покриву (друга методика) близькі.

2. Наведені формули обчислення максимальних глибин промерзання ґрунту для територій Воловецького і Міжгірського районів Закарпатської області дають можливість деталізувати

даний параметр в будь-якій точці при заданій висоті точки над рівнем Балтійського моря.

3. Дані параметри застосовують для проектування та будівництва будівель і споруд при закладанні фундаментів і прокладанні інженерних мереж.

4. Запропоновану методику рекомендовано використати при корегуванні державних будівельних норм і правил для Карпат.

- [1] Бабиченко В. Н. Климат Ужгорода — Л.: Гидрометеиздат, 1991. — 190 с.
- [2] Кінаш Р. І. Районування території Закарпатської області за максимальною глибиною ґрунту / Р. І. Кінаш, Я. С. Гук — Збірник наукових праць "Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди". — Рівне.— 2011. — С. 651–655.
- [3] ДСТУ НБ В.1.1–21:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Будівельний стандарт України. — К.: 2010.— 55с.
- [4] Закарпатська область. Загальногеографічна карта м-б 1:250 000 / — К.: АГП.— 2006.— 1 лист.
- [5] Гук Я. С. Дослідження максимальної глибини промерзання ґрунту для території Українських Карпат в межах Чернівецької області / Я. С. Гук — Збірник наукових праць Українського інституту сталених конструкцій ім. В. М. Шимановського. — Київ. — Вип.16.— 2015. — С. 31–40.
- [6] Гук Я. С. Методика районування території Закарпатської області за максимальною глибиною промерзання ґрунту / Я. С. Гук. — Збірник наукових праць Потавського національного технічного університету. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. — Полтава. — Випуск 2 (44).— 2015. — С. 42–51.
- [7] Pichugin S. F. Probabilistic Analysis on Wind Load and Reliability of Structures / S. F. Pichugin // Proc. of the 2 EACWE. Vol. 2. — Genova, Italy, 1997. — P. 1883–1890.
- [8] Гук Я. С. Районування території Карпат за максимальною глибиною промерзання ґрунту в межах Івано-Франківської області / Гук Я. С., Кінаш Р. І. — Київ. — Будівництво України — № 4.— 2017. — С. 36–42.
- [9] СНиП 2.01.01.82 "Строительная климатология и геофизика" — М.: Стройиздат.— 1983.— 136 с.
- [10] Del Corso R. Analysis of exceptional Snow load values for long term observation series in Snow Engineering / del Corso R. — Davos: Proceedings of the fifth international conference on Snow engineering.— 2005. — P. 25–27.
- [11] Гук Я. С. Методика обчислення максимальної глибини промерзання ґрунту і середньої висоти снігового покриву в гірських районах львівської області та на прилеглий території Польщі за спрощеними формулами / Гук Я. С., Томашко М. М., Василюк В. І. — Збірник наукових праць "Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди". — Рівне. — Випуск 36. — 2018. — С. 218–227.
- [12] Гук Я. С. Порівняння абсолютного максимуму температури зовнішнього повітря в Карпатах і Татрах / Гук Я. С., Найбауер І. Ф., Новак Е. Й. — Збірник наукових праць Українського інституту сталених конструкцій. — Київ. — Випуск 4–2023 — С. 32–45.

РІЗАННЯ МЕТАЛОПРОКАТУ АБРАЗИВНИМИ АРМОВАНИМИ КРУГАМИ

Різання металопрокату відноситься до масових та трудомістких операцій, які зазвичай виконуються на монтажних роботах абразивними армованими кругами в поєднанні з ручними і переносними машинами.

Ефективність застосування абразивного різання здебільшого залежить від правильності вибору способу різання, а точніше від схеми взаємного переміщення абразивного круга відносно оброблюваного виробу.

Розглянемо основні схеми різання труб і профільного металу при виконанні монтажних робіт. Найбільш розповсюджена схема I, заснована на способі візання (рис. 1).

Спосіб візання відбувається за рахунок переміщення круга в площині, перпендикулярній до осі круга, з розрізанням всього перерізу оброблюваного виробу за один прохід. Ця схема широко використовується на переносних маятникових пилах, що отримали широке застосування при виконанні монтажних робіт [1–2].

Основним недоліком даної схеми різання вважається обмежена розмірність виробу, що розрізається.

Максимальний розмір деталі, що розрізається за один прохід, визначається залежністю

$$L = \frac{D-d}{2} - 10, \quad (1)$$

де L — максимальний розмір деталі, що розрізається за один прохід, мм;

D — зовнішній діаметр абразивного круга, мм;

d — зовнішній діаметр затискного фланця, мм.

Ефективна потужність приводу (Вт) за схемою візання, за інших рівних умов, залежить від довжини дуги контакту між кругом і оброблюваним виробом, її можна виразити у вигляді:

$$N = \frac{k b v l}{1,36 \cdot 10^3}, \quad (2)$$

де k — дослідний коефіцієнт при обробленні легированих та вуглецевих сталей, $k = 1,1$;

b — висота різання, мм;

l — довжина дуги контакту, мм;

v — колова швидкість круга, м/с.



Ю. Д. Абрашкевич,
професор кафедри «Будівельні машини ім. Ю.О. Ветрова» Київського національного університету будівництва і архітектури, заслужений діяч науки і техніки України, д.т.н., професор



О. А. Марченко,
інженер Київського національного університету будівництва і архітектури, к. т. н., доцент



А. Г. Поліщук,
асистент кафедри «Будівельні машини ім. Ю. О. Ветрова» Київського національного університету будівництва і архітектури, к. т. н.



О. В. Човнюк,
інженер Київського національного університету будівництва і архітектури

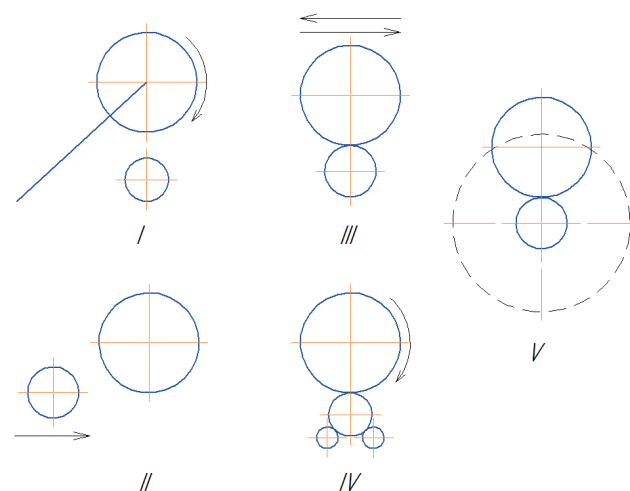


Рис. 1. Схема взаємного переміщення круга

Так як масовому різанню підлягають труби, розглянемо зміни довжини дуги контакту в залежності від подачі при різанні кругом за один прохід [3–4].

Довжина дуги контакту при різанні за один прохід визначається в результаті розв'язання системи рівнянь, що описують взаємне розташування круга і труби, що розрізається (рис.2) [5].

$$\begin{cases} x^2 + y^2 = R_0^2 \\ x^2 + O_1B^2 = r_0^2 \end{cases}, \quad (3)$$

де $O_1B = OO_1 - y = R_0 + r_0 - h_0$,

$$l_{k1} = 2R_0\phi_1 = 2R_0 \arccos \left[1 - \frac{2r_0h_0 - h_0^2}{2R_0(R_0 + r_0 - h_0)} \right]. \quad (4)$$

Беручи до уваги той факт, що:

$$R_0 + r_0 \gg h_0; 2r_0h_0 \gg h_0^2, h_0 \ll R_0$$

$$l_{k1} \approx 2 \sqrt{\frac{2r_0h_0}{1 + \frac{r_0}{R_0}}}. \quad (5)$$

Максимальна довжина дуги контакту в першому положенні при $h_0 = \sigma_0$

$$l_{k1}^{max} = \sqrt{\frac{2r_0\sigma_0}{1 + \frac{r_0}{R_0}}}. \quad (6)$$

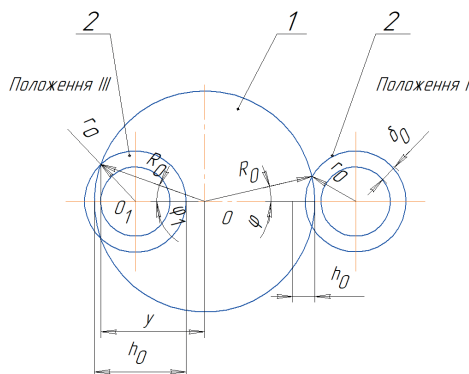


Рис. 2. Схема взаємного розміщення круга і труби, що розрізається:
1 — круг; 2 — труба

Аналогічно для положення 3 довжина дуги контакту дорівнює:

$$l_{k3} = 2R_0 \arccos \left[1 - \frac{2r_0h_0 - h_0^2}{2R_0(R_0 + r_0 - \sigma_0)} \right]. \quad (7)$$

З огляду на те, що $h_0 = 2r_0 - \sigma_0$ і $R_0 - r_0 \gg \sigma_0$,

$$l_{k3}^{max} = \sqrt{\frac{2r_0\sigma_0}{1 - \frac{r_0}{R_0}}}. \quad (8)$$

Порівнюючи формули (4) і (6), отримуємо $l_{k1}^{max} < l_{k3}^{max}$, тобто довжина дуги контакту в першому положенні менша ніж в третьому.

Для другого положення можна припустити, що $l_{k2}^{max} \approx 2\sigma_0$, тоді $l_{k2} < l_{k3}$.

Таким чином, при такій схемі різання максимальне зусилля і, відповідно, теплове виділення відбувається при виході відрізного круга з труби. Для зменшення негативного впливу термічних процесів на зносостійкість абразивного круга, ми запропонували більш економічну схему, в якій вісь труби зміщена щодо осі круга на кут α . За такої схеми відбувається перерозподіл теплових навантажень по дузі контакту, при цьому максимальні теплові навантаження виникають при врізанні круга в трубу, коли круг ще «холодний» [6].

Схеми I і III (рис. 1) схожі за дією. Схема III широко використовується при виконанні операції різання листового і профільного металу ручними машинами. При різанні за такою схемою довжина дуги контакту на однаковій глибині круга постійна, що дає змогу різати матеріал великого перерізу при відносно невеликій потужності привідного двигуна.

Вибір величини заглиблення круга в першу чергу залежить від потужності приводу машини і властивостей оброблюваного матеріалу. Наприклад, при різанні листової сталі Ст3 кутошліфувальною машинкою з кругом діаметром 230 мм глибина пропилю не повинна перевищувати 5 мм за один прохід. При збільшенні глибини різання, через недостатню потужність, виникає різке зниження числа обертів шпинделя, що викликає підвищене нагрівання круга та виробу і, як наслідок, збільшується зношення круга, а також виникають припалювання та задирки на поверхні, що розрізається. При розрізанні листової сталі завтовшки більше 5 мм доцільно знімати метал пошарово.

У деяких випадках труби діаметром до 1200 мм різються безпосередньо на місці встановлення. При цьому до пристроїв, що використовуються під час монтажу, висуваються особливо жорсткі вимоги щодо ваги і габаритних розмірів [7]. Тому в основу застосування таких пристроїв покладена схема IV (рис.1): в цьому випадку діаметр труби може значно перевищувати діаметр круга, в той час як $L = const$.

Схеми V та IV аналогічні щодо взаємного розташування круга і труби, але схему V можна використовувати тільки при різанні незакріплених труб.

При обкатному різанні (рис 3), довжина дуги контакту:

$$l_{обк} \approx R_0 \arccos \left[1 - \frac{2r_0 h_0 - h_0^2}{2R_0 (R_0 + r_0 - h_0)} \right]. \quad (9)$$

Порівнюючи (7) і (9), можна дійти висновку, що процес розрізання труби методом обкатки вдвічі менш енерговитратний. У той же час неодноразові спроби створення пристосувань для різання труб методом обкатки не отримали

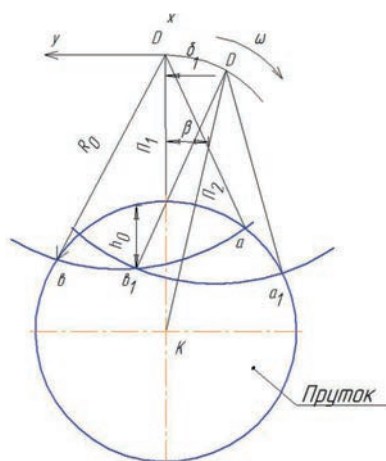


Рис. 3. Схема різання обкаткою

практичного втілення через розбіжність пропилу при врізанні круга в трубу і виході з неї [8]. У разі обертання труб при стаціонарному розміщенні, машини повинні мати велику масу, тобто підходять тільки для стаціонарних умов.

Під час монтажних робіт різанню піддається металопрокат різного профілю. Залежності для визначення довжини дуги контакту з раціональним взаємним розташуванням абразивного круга і деталі, що оброблюється, представлені у таблиці 1. Рух круга здійснюється зліва направо.

У процесі виконання відрізних операцій в зоні контакту інтенсивно виділяється тепло, що може стати причиною припикання і утворення задирок на поверхнях зрізів. Значною мірою цього можна уникнути, якщо використовувати абразивні армовані круги з шорсткими бічними поверхнями. Так, під час різання кругами з гладкими бічними поверхнями, до них прилягають поверхні ламінарного підшару потоку повітря, і передача тепла в навколишню атмосферу здійснюється за допомогою теплопровідності. Наявність шорсткості сприяє більш інтенсивному охолодженню бічної поверхні за рахунок порушення ламінарного

Таблиця 1

Залежності для визначення довжини дуги контакту

Металопрокат	Схема різання	Аналітичні вирази для визначення довжини дуги контакту
Пруток		$l_k = 2R_0 \arccos \left[1 - \frac{2r_0 h_0 - h_0^2}{2R_0 (R_0 + r_0 - h_0)} \right]$
Квадрат		$l_k = 2R_0 \arcsin \frac{a}{2R_0}$
Шестигранник		$l_{k1} = 2R_0 \arccos \frac{h_0 \sqrt{3}}{R_0}$ $l_{k2}^{max} = 2R_0 \arcsin \frac{a \sqrt{3}}{2R_0}$ $l_{k3} = 2R_0 \arcsin \frac{2a - h}{R_0}$
Кут		$l_k = \sigma_0 \sqrt{2}$
Швелер		$l_{k1} = 2\sigma_0 \sqrt{2}$ $l_{k2} = l_{k3} = 2\sigma_0$
Двутавр		$l_{k1} = l_{k3} = 2\sigma_0 \sqrt{2};$ $l_{k2} = \sigma_0 \sqrt{2}$

Таблиця 2

Фактори, що погіршують експлуатаційні показники кругів, і способи їх усунення

Несправності	Причини	Способи усунення несправностей на робочому місці
Заклинювання круга	Недостатня потужність	Використовувати машину з більшою потужністю
	Велика подача	Зменшити подачу
	Невідповідність характеристики двигуна паспортним даним	Замінити машину
	Прослизання клинопасового ремня	Натягнути ремінь
	Невідповідність затискних фланців	Замінити затискні фланці
	Відсутність еластичних прокладок між затискними фланцями	Встановити прокладки
На поверхні різання наявні припалювання та кольори плинності	Недостатня подача	Збільшити подачу
	Прослизання клинопасового ремня	Натягнути ремінь
	Недостатня потужність приводу	Замінити машину
Низький коефіцієнт шліфування (зносостійкість)	Недостатня робоча швидкість	Збільшити робочу швидкість або замінити зношений круг на новий. Зношений круг передати в інструментальну кімнату для подальшого використання на машинах з більшою частотою обертання шпіндельного вала в межах допустимої робочої швидкості різання
	Велика подача	Зменшити подачу
	Велика довжина дуги контакту між кругом і деталлю	Збільшити діаметр круга, за необхідності замінити машину
	Нераціональний спосіб різання	Раціонально розмістити виріб відносно круга
	Використання круга не за призначенням	Замінити круг
Підвищена вібрація машини	Порушення геометричних розмірів круга	Замінити круг
	Неправильне встановлення круга на машині	Перевірити кріплення круга
	Підвищене биття шпинделя машини	Замінити машину
Несправність відрізного круга	Виріб, що розрізається, закріплений не достатньо жорстко	Закріпити жорстко виріб, що розрізається
	Ударні навантаження при роботі	Забезпечити рівномірність подачі круга
	Велике осьове навантаження на круг	Зменшити зусилля шляхом вирівнювання положення машини відносно пропилу. Замінити круг
Низька продуктивність	Недостатня подача	Збільшити подачу
	Недостатня потужність приводу	Замінити машину
	Прослизання клинопасового ремня	Натягнути ремінь
	Велика довжина дуги контакту між кругом і деталлю	Збільшити діаметр круга, за необхідності замінити машину
	Неправильно встановлений круг відносно деталі	Правильно встановити круг відносно деталі
	Недотримання рекомендацій щодо методів роботи	Дотримуватись рекомендацій щодо методів виконання роботи

підшару і розвитку турбулентності в граничному шарі. У разі використання кругів, що мають шорсткі бічні поверхні, навколо виступаючих абразивних зерен виникають турбулентні вихори, а теплообмін здійснюється за рахунок конвекції, що дозволяє збільшити коефіцієнт теплопередачі до двох разів у порівнянні з кругами, що мають гладкі бічні поверхні. Застосовуючи круги з шорсткими бічними поверхнями, можливо не тільки забезпечити якість поверхні, що розрізається, але і підвищити зносостійкість абразивного інструменту. В процесі використання кругів з шорсткими боковими поверхнями, де на бічних поверхнях виступають абразивні зерна, здійснюється мікрорізання оброблюваного матеріалу, в той час як гладкі і рифлені бічні поверхні кругів тільки деформують його. Виходячи з цього, при роботі кругами з шорсткими боковими поверхнями створюється більш сприятливий тепловий режим за рахунок інтенсифікації відведення тепла з робочих зон і зменшується загальна кількість тепла в системі, більша частина якого виділяється при деформації оброблюваного матеріалу.

Крім того, на відміну від кругів з гладкими бічними поверхнями, шорсткі поверхні не контактують з об'єктом обробки, тобто тепло проникає в полімерну матрицю через абразивні зерна,

що унеможливає її вигорання і забезпечує більш високу зносостійкість інструменту (рис. 4).

Під час роботи абразивними армованими кругами, встановленими на кутошліфувальних

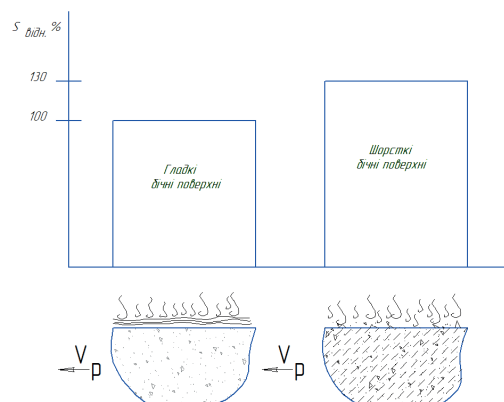


Рис. 4. Залежності відносної зносостійкості $S_{\text{відн}}$ від конфігурації бічної поверхні

машинках і маятникових пилах, можуть виникати різні несправності, пов'язані з роботою як привідних верстатів, так і дисків. В таблиці 2 приведені основні проблеми і способи їх усунення на робочому місці.

Правильний вибір способу різання привідної машини і абразивного робочого органу дозволяє підвищити якість трудомістких операцій різання.

- [1] Abrashkevich Y., Pochka K., Prystailo M., Polishchuk A. Technologies installation for cutting stone with abrasive and diamond tool TEKA. Semi-Annual Journal of Agri-Food Industry. 2022.
- [2] Абрашкевич Ю. Д. Силові параметри машина з абразивним інструментом / Абрашкевич Ю. Д., Рашківський В. П., Поліщук А. Г., Човнюк О. В. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. 2015. № 85. 67–71 с.
- [3] Абрашкевич Ю. Д. Підвищення експлуатаційних показників абразивного інструменту. / Абрашкевич Ю. Д., Пелевін Л. Є., Поліщук А. Г. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. 2012. Вип. 80. 30–37 с.
- [4] Abrashkevich Y. Mathematical model of heat distribution in an abrasive wheel / Abrashkevich Y. Prystaylo M., Polishchuk A. / Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. 2022. № 100. 5–11 с.
- [5] Абрашкевич Ю. Д. Силові параметри машин з абразивним інструментом / Абрашкевич Ю. Д., Рашківський В. П., Поліщук А. Г., Човнюк О. В. Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. 2015. Вип. 85. 67–71 с.
- [6] Maksimuk Yu.V., Pochka K. I., Abrashkevych Yu.D., Prystailo M. O., Polishchuk A. G. Results of experimental research on the cutting of highly abrasive materials with abrasive reinforced circles. DOI: 10.32347/2410–2547.2023.110.361–374. // Strength of Materials and Theory of Structure. — Kyiv: KNUBA, 2023. — Issue 110. — P. 361–374.
- [7] Почка К.І., Абрашкевич Ю. Д., Пристайло М. О., Поліщук А. Г. Вплив теплових процесів на конструкцію і експлуатаційні характеристики абразивних армованих кругів. // Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної онлайн конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн» (11–12 квітня 2024 року). — Київ: НУБіП України, 2024. — С. 24–29.
- [8] Абрашкевич Ю., Марченко О. Навантаження абразивних армованих кругів при зміні технологічних параметрів. Transfer of Innovative Technologies 2021: VII International Scientific and Practical Conference, 19–20 may 2021: Proceedings of the Conference. Kyiv–Dortmund–Nur-Sultan–Jangsu: KNUCA. 38–41. URL: https://drive.google.com/file/d/1ipanvG1Wxaw0EEdfA2GdQRJTZG_numaJ/view.

Стаття надійшла 21.10.2025 р.

УЧАСТЬ УКРАЇНСЬКОГО ІНСТИТУТУ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ІМЕНІ В. М. ШИМАНОВСЬКОГО У ПРОВЕДЕННІ ДЕРЖАВНОЇ АТЕСТАЦІЇ НАУКОВИХ УСТАНОВ

Згідно з наказом Міністерства освіти і науки України від 28.11.2024 р. № 1675 у 2024–2025 роках проводилась державна атестація наукових установ і закладів вищої освіти в частині провадження ними наукової та науково-технічної діяльності.

Процес атестації відбувався відповідно до вимог Методики оцінювання ефективності наукової (науково-технічної) діяльності наукових установ і закладів вищої освіти за окремими науковими напрямами (надалі «Методика»), а також Положення про експертні групи та експертну комісію з питань проведення державної атестації, затвердженого наказом Міністерства освіти і науки України від 21.10.2024 р. № 1485.

Український інститут сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського із його 80-річною історією є провідною науково-технічною організацією будівельного комплексу України, яка визначає технічну політику у галузі металобудівництва на засадах проведення наукових досліджень, розроблення проектних рішень застосування металевих конструкцій для об'єктів базових галузей економіки та інженерно-транспортної інфраструктури, нормативного забезпечення та обміну передовим досвідом.

Згідно з положеннями Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність» від 26.11.2015 р. № 848-VIII, науково-дослідні, дослідно-конструкторські та дослідно-технологічні роботи, що здійснює колектив інституту, внесені до основних видів науково-технічних робіт, а проектно-конструкторська документація або проекти нормативних документів, розроблені фахівцями інституту, є прикладним науково-технічним результатом для впровадження в суспільну практику.

Інститут як проектно-конструкторська організація, яка згідно з вищевказаним Законом відноситься до виробничо-орієнтованих наукових



В. П. Адріанов,
заступник генерального
директора з науково-технічної
політики ТОВ «Укрінсталькон
ім. В. М. Шимановського»

установ, із власної ініціативи та з урахуванням недержавної форми власності брав участь у державній атестації за науковим напрямом «Інженерно-технологічний».

Відповідно до положень Методики разом із Заявкою інституту на проведення атестації були також підготовлені і надіслані до Міністерства освіти і науки України інформаційні матеріали за період 2020 — 2024 років, а саме: перелік показників, за якими здійснювалась оцінка результативності наукової діяльності, відомості про основну спрямованість цієї діяльності за визначеним напрямом, описи впливів результатів діяльності інституту на розвиток науки та економіки із її документальним підтвердженням укладеними контрактами, актами виконаних робіт, посиленням на розроблені стандарти, будівельні норми тощо.

До цього переліку увійшли також показники оцінки кадрового потенціалу інституту, які враховували чисельність усіх працівників, науковців, молодих вчених, жінок із числа наукових працівників, зокрема чисельність докторів філософії та докторів наук.

З метою оцінювання результативності наукової діяльності інститутом були надані такі матеріали:

1. У розділі «Наукові публікації»:

- перелік опублікованих монографій та статей, які індексуються у бібліографічних та реферативних базах даних **Scopus** чи **Web of Science**, або опубліковані в Україні;
- перелік опублікованих підручників.

2. У розділі «Конкурсне фінансування проєктів»:

- кількість поданих і прийнятих до розгляду заявок на міжнародні гранти з виконання наукових досліджень.

3. У розділі «Показники фінансової діяльності»:

- обсяг отриманих коштів за виконання наукових досліджень і розробок, які фінансуються Держбюджетом України;
- обсяг отриманих коштів за виконання науково-технічних робіт згідно з договорами із іноземними юридичними особами;
- обсяг отриманих коштів за виконання науково-технічних робіт згідно з договорами із українськими юридичними особами;
- балансова вартість придбаного у власність наукового обладнання;
- річний фонд заробітної плати наукових працівників.

4. У розділі «Міжнародне наукове та науково-технічне співробітництво із закордонними організаціями»:

- перелік практичних результатів виконання укладених угод про співпрацю із Жешувською, Шльонською та Опольською Політехніками із Польської Республіки стосовно обміну інформацією щодо проєкування нових типів металевих будівельних конструкцій, підготовки та публікації статей в українських та польських галузевих журналах, участі в наукових конференціях, проведених у Польській Республіці протягом 2022–2024 років.

5. У розділі «Перспективи розвитку» було висвітлено два пріоритетні напрями роботи інституту.

Перший напрям стосувався підвищення професійного рівня кадрового складу інституту шляхом запрошення випускників закладів вищої освіти на роботу, і особливо тих із них, які пройшли підготовку у створених в інституті філіях кафедр Національного транспортного університету, Національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, Національного авіаційного університету, а також навчання працівників інституту в аспірантурі.

Другий напрям полягав у вдосконаленні наукового рівня інституту при виконанні:

- науково-дослідних і проєктних робіт у галузях енергетики, залізничного і автомобільного транспорту, телекомунікацій, металургії, харчовій промисловості, будівельній індустрії, житловому будівництві, об'єктах громадського (зокрема спортивного) і цивільного призначення;
- відновлення пошкоджених або зруйнованих внаслідок відкритої агресії російської проти нашої країни цивільних, лінійно-протяжних, висотних і промислових об'єктів;
- обстеження технічного стану існуючих металоконструкцій усього спектра промислових, громадських і цивільних будівель, споруд і вантажопідіймальних механізмів й розроблення методів, технічних рішень їх підсилення й реконструкції;
- розроблення, виготовлення та експериментальне дослідження нових прогресивних типів металевих конструкцій;
- розроблення методів і алгоритмів розрахунку металевих конструкцій будівель і споруд й створення на їхній основі систем автоматизованого проєкування;
- створення нормативної бази будівництва в Україні, яка буде впроваджуватися шляхом застосування цифрового інформаційного моделювання у будівництві (Building Information Modeling, або скорочено BIM-технології), а також розвинення теорій розрахунку й проєкування лінійно-протяжних і великопрогонових просторових конструкцій будівель і споруд, оптимального проєкування металевих конструкцій, надійності споруд, розрахунку й проєкування висотних споруд, формування конструкцій та забезпечення будівель та інженерних споруд від можливих терористичних нападів.

Важливою складовою матеріалів, за якими здійснювалась державна атестація інституту, була інформація щодо описів впливу результатів його діяльності як наукової установи.

Базуючись на спеціалізації основних виробничих підрозділів, інститутом було визначено і підготовлено два описи впливу — на розвиток економіки України та на розвиток державної технічної політики у будівельній галузі.

У довідці щодо впливу виконаних в інституті робіт на економіку України надано опис наукових результатів, які дали змогу досягти цього впливу за звітний період. Насамперед це виконані проєктні та науково-технічні роботи, що були замовлені для галузей енергетики, транспорту, агропромислового комплексу, будіндустрії, об'єктів громадського і цивільного призначення, а також робіт із обстеження технічного стану існуючих металевих конструкцій промислових і громадських будівель, об'єктів транспортної інфраструктури з одночасною підготовкою технічних рішень або проєктів із їх підсилення і реконструкції, здійсненні відновлення об'єктів будівництва, які постраждали під час збройної агресії московитів проти України, проведення науково-технічного супроводу проєктування та обстеження об'єктів базових галузей економіки, створення сучасної нормативної бази будівництва України.

Визначення ролі інституту у досягненні цього впливу полягає у наступному. ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського» є головним науково-дослідним і проєктним інститутом сталевих конструкцій будівельного комплексу України, який визначає технічну політику держави в галузі металобудівництва й формує нормативну базу для розрахунків і проєктування сталевих і алюмінієвих конструкцій. Відзначене знайшло відображення в рішеннях:

- Мінінфраструктури України, згідно з якими інституту за результатами державної атестації галузевих науково-дослідних організацій надано статусу базової організації з науково-технічної діяльності у будівництві за напрямками науково-технічне, дослідне, методичне та інформаційне забезпечення нормування проєктування, будівництва та експлуатації виробничих будівель і споруд, об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури та металевих конструкцій, безпеки і доступності під час експлуатації (наказ Мінінфраструктури України № 360 від 26.04.2024 р.);
- Міністерства освіти і науки України, в яких зазначалось, що інститут, як наукова

установа, повсякчас проходив державні атестації з найвищою атестаційною оцінкою й за результатами цих атестацій відносився до наукових установ I класифікаційної групи (свідоцтво Серія ДА № 00567 від 31.10.2022 р.);

- Мінінфраструктури України, згідно з якими інститут визначений критично важливим для функціонування економіки та забезпечення життєдіяльності населення в особливий період (наказ № 638 від 12.07.2024 р.);
- Міненерго України, згідно з якими інститут визначений критично важливим для функціонування економіки та забезпечення життєдіяльності населення та безперебійного функціонування об'єднаної енергетичної та газотранспортної систем України в особливий період (наказ № 243 від 05.07.2024 р.).

В описі впливу основних наукових результатів на державну технічну політику у будівельній галузі центральне місце посідає інформація щодо діяльності інституту як базової науково-дослідної і проєктної організації Мінінфраструктури України, яка визначає технічну політику у галузі металобудування і формує нормативну базу шляхом підготовки сучасних державних будівельних норм та нормативних документів національної системи стандартизації, а також супроводжує нормативні документи щодо забезпечення надійності і конструктивної безпеки будівель і споруд.

Керуючись положеннями Закону України «Про будівельні норми», фахівцями науково-дослідного відділу технічного розвитку ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського» розроблено низку державних будівельних норм і змін до них. Зокрема, у звітному періоді розроблено:

- ДБН В.2.2-42:2021 «Споруди холодильників. Основи проєктування»;
- ДБН В.2.2-43:2021 «Складські будівлі. Основні положення»;
- ДБН В.2.6-221:2021 «Конструкції силосів сталевих з гофрованою стінкою для зерна. Основні положення»;
- Зміна № 1 ДБН В.2.6-198:2014 «Сталеві конструкції. Норми проєктування»;

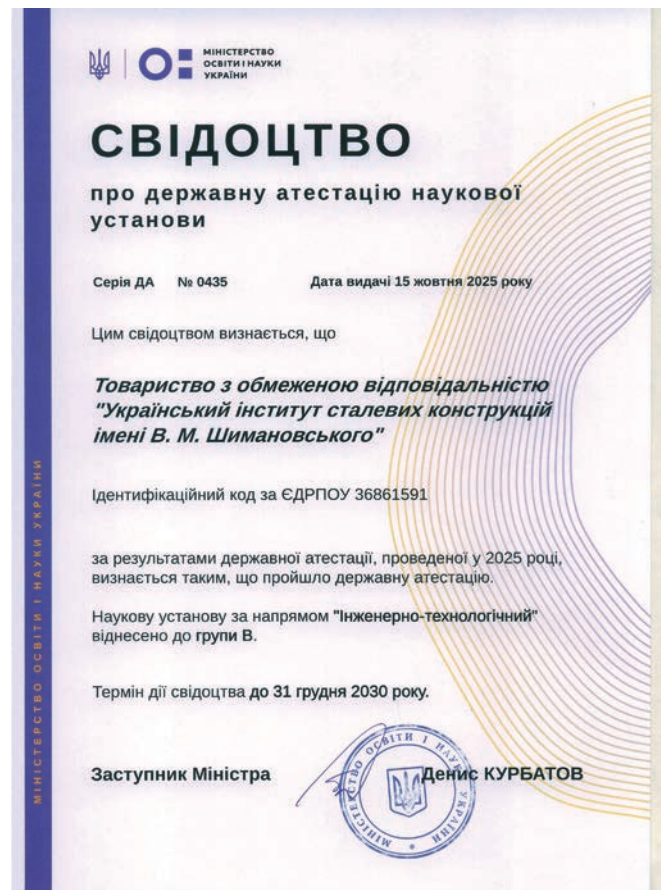
- Зміна № 2 ДБН А.1.1-94:2010 «Проектування будівельних конструкцій за Єврокодами. Основні положення»;
- ДБН В.2.3-27:2023 «Тунелі. Норми проектування»;
- ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту»;
- ДБН В.2.3-26:2024 «Мости і труби. Проектування сталевих конструкцій»;
- ДБН В.2.2-2:2024 «Теплиці і парники»;
- ДБН В.2.5-23:2025 «Проектування електростановок житлових будинків та громадських будівель і споруд»;
- ДБН В.2.2-29:2025 «Промислові інженерні споруди. Основи проектування».

Згідно з Законом України «Про стандартизацію», інститутом розроблено понад 60 національних стандартів України, зокрема, задля реалізації положень Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку».

На виконання Постанови КМУ від 23 травня 2011 р. № 547 «Про затвердження Порядку застосування будівельних норм, розроблених на основі національних технологічних традицій, та будівельних норм, гармонізованих із нормативними документами Європейського Союзу» інститутом розроблені ідентичні тексти Єврокодів щодо проектування сталевих і алюмінієвих конструкцій, що забезпечить можливість проектування економічних і надійних будівель і споруд.

На виконання Розпорядження КМУ від 17 лютого 2021 р. № 152-р «Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації» розроблено та затверджено більше двадцяти національних стандартів України.

Зазначимо, що розроблення фахівцями інституту низки державних будівельних норм України та змін до них, а також національних стандартів України дало змогу не тільки значно поліпшити якість виконання проектних робіт в Україні, а й зменшити вартість нового будівництва та реконструкції і капітального ремонту існуючих об'єктів, що має суттєве значення для розвитку державної політики України.



Свідоцтво про державну атестацію Товариства з обмеженою відповідальністю «Український інститут сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського»

Спираючись на зазначене вище, за результатами проведеної у 2025 році державної атестації Товариство з обмеженою відповідальністю «Український інститут сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського» згідно з Наказом Міністерства освіти і науки України від 15.10.2025 р. № 1360 визнано таким, що пройшло державну атестацію та віднесено до групи В за напрямом «Інженерно-технологічний».

А далі звернемо увагу на те, що протягом підготовки значного переліку інформаційних матеріалів для здійснення державної атестації у спеціалістів інституту сформувалась низка думок, що в Методиці не повною мірою реалізована спроба окреслення загальних критеріїв оцінювання ефективності наукових установ, які мають суттєві відмінності щодо деяких напрямів наукової діяльності, джерел фінансування та отриманих результатів. Ці думки полягають у наступному.

1. Відомо, що результатом фундаментальних наукових досліджень є гіпотези, теорії, нові методи пізнання, відкриття нових законів природи, інші результати, які не орієнтовані на безпосереднє практичне використання у сфері економіки. Натомість результатом науково-технічних (прикладних) розробок є вдосконалені матеріали, процеси, продукти, пристрої, технології, нові конструктивні або технологічні рішення, що впроваджуються у суспільну практику. Додатково слід *звернути увагу на те, що* ефективність фундаментальної науки зводиться до здатності приносити ефект у майбутньому, а ефективність прикладної науки — до комплексної оцінки вже досягнутих кінцевих результатів.

Однак відсутність у Методиці вказаного позиціонування призвело до того, що з класифікаційного оцінювання чомусь випав такий надважливий показник, як впровадження результатів від наукової (науково-технічної) діяльності наукової установи.

У цьому сенсі беззаперечним є те, що впровадження нових зразків продукції чи нових технологій, розроблених на підставі проведених досліджень, потребує значного часу на виготовлення дослідних зразків, їх випробування, розроблення нормативно-технічної документації, підготовки серійного виробництва тощо. На противагу цьому такий результат прикладної науки, як проектно-конструкторська документація на будівельні конструкції має стовідсоткове стрімке впровадження, бо в реальному часі вона надається на підприємства будіндустрії для виготовлення і подальшого їх монтажу в процесі спорудження об'єктів.

2. Наявні також питання стосовно показників Методики щодо оцінювання результативності наукової діяльності. Наприклад:

- у показниках фінансової діяльності наукових установ відсутній обсяг коштів на виконання науково-технічних робіт, які за результатами конкурсних відборів фінансуються за бюджетними галузевими програмами і впровадження яких дає можливість отримати великий економічний ефект для економіки України;
- у питомих показниках результативності (індикатора), за якими здійснюється

розрахунок класифікаційної оцінки наукових установ за певним науковим напрямом, вагомий коефіцієнт від показника обсягів коштів на виконання наукових робіт, які фінансуються іноземними замовниками, втричі перебільшує вагомий коефіцієнт від показника обсягу коштів на виконання робіт, які фінансуються за кошти Держбюджету.

Внаслідок цього постає цілком слушне питання — а наскільки обґрунтовано застосоване перебільшення? І у чому криється пріоритетність робіт для закордону безпосередньо для нашої країни? Бо іноземний замовник може замовляти в Україні наукові дослідження виходячи виключно із своєї зацікавленості, яка інтересів України жодним чином може не стосуватися.

3. Багато питань викликає інше положення Методики — чому у нашому демократичному і відкритому суспільстві у процесі державної атестації наукових установ призначеними експертами здійснюється виключно анонімне оцінювання їх ефективності на підставі отриманих показників діяльності? Тому що вказане дуже нагадує випадок, коли лікар без обстеження хворого опосередковано встановлює йому діагноз і призначає лікування тільки на підставі отриманих аналізів.

На наш погляд, безпосереднє спілкування експертів з провідними вченими науково-дослідних або науково-технічних організацій та обговорення з ними питань підвищення ефективності вітчизняної науки, ознайомлення на місцях із умовами праці науковців та використання ними матеріально-технічної бази **безсумнівно** буде тільки сприяти наданню більш об'єктивної експертної оцінки діяльності наукових установ.

4. Спірним є положення Методики щодо надання переваги експертам із наукових установ для проведення експертизи закладів вищої освіти, і, навпаки, експертам із закладів вищої освіти — для експертизи наукових установ.

Фаховий підхід до проведення державної атестації інститутів, які здійснюють наукову (науково-технічну) діяльність, повинен залишатись цілком основним, поневаж тільки фахівці у визначених сферах наукових знань

в змозі всебічно, професійно і неупереджено надати об'єктивну оцінку діяльності того чи іншого колективу науковців із визначення досягнутої практичної цінності для певної сфери суспільного життя.

5. Варто підкреслити важливість того, що у висновку про результат державної атестації наукових установ і закладів вищої освіти враховано вплив воєнного стану, введеного в Україні під час агресії рашистів, шляхом застосування додаткових коефіцієнтів регіональної підтримки та від руйнувань інфраструктури наукових організацій.

Попри це поза увагою залишився такий важливий чинник, як вагомий внесок наукової організації з метою підтримки функціонування об'єктів критичної інфраструктури базових галузей економіки в умовах війни за рахунок набутого досвіду, застосування нових нестандартних технічних рішень, який повинен був вплинути на результат висновку.

Підсумовуючи викладене зауважимо, що Методика проведення державної атестації у відповідності до Закону України «Про наукову та науково-технічну діяльність» мала б передбачати:

- по-перше — універсальний підхід до оцінювання різних за сферою діяльності наукових установ і закладів вищої освіти;
- по-друге — систему об'єктивного оцінювання їх діяльності.

Методика, за якою у 2024–2025 роках проводилась державна атестація, була застосована вперше, тому було б доцільно фахівцям Міністерства освіти і науки України провести аналіз структури отриманих інформаційних матеріалів, показників, за якими здійснювалась оцінка ефективності наукової діяльності, оцінити результати роботи експертів, а також розглянути зауваження та пропозиції від наукової спільноти щодо удосконалення існуючої Методики, що у підсумку забезпечить проведення майбутніх атестацій на більш високому організаційному рівні.

Стаття надійшла 10.11.2025 р.

До відома дописувачів та читачів журналу!

**Вимоги щодо оформлення статей для публікації
у нашому виданні розміщено на веб-сайті
ТОВ «Український інститут сталевих конструкцій
ім. В. Н. Шимановського»**

<http://urdisc.com.ua>

**На сайті також можна знайти усі архівні номери часопису
«Промислове будівництво та інженерні споруди».**



**ЖУРНАЛ МОЖНА ПЕРЕДПЛАТИТИ
У БУДЬ-ЯКОМУ ВІДДІЛЕННІ АТ «УКРПОШТА»
(передплатний індекс – 98848)
АБО ЗАМОВИТИ У РЕДАКЦІЇ ЖУРНАЛУ**

Видавець ТОВ «Укрінсталькон імені В. М. Шимановського»

Адреса редакції та видавця: вул. В. Шимановського, 2/1, Київ, 02125,

ТОВ «Укрінсталькон ім. В. М. Шимановського»

тел. (044) 516-52-85, 543-98-36 e-mail: redakpbis@gmail.com

Оригінал-макет підготовлений редакцією журналу «Промислове будівництво та інженерні споруди»

Комп'ютерна верстка та дизайн обкладинки — **Гончар В. Д.**

Підписано до друку 02.12.2025 р. Папір крейдяний. Друк цифровий. Тираж 300 прим.

Віддруковано ПП «Лисенко М. М.»

Україна, 16600, м. Ніжин Чернігівської обл., вул. Шевченка, 20.

Свідоцтво про внесення до державного реєстру видавців,
виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції:

ДК № 2776 від 26.02.2007

- * Оформлення, стиль та зміст журналу є об'єктом авторського права і захищається законом
- * Передрук розміщених у журналі матеріалів дозволяється тільки за письмовою згодою редакції
- * Відповідальність за підбір та висвітлення фактів у статтях несуть автори
- * За зміст реклами відповідає подавач
- * Редакція не завжди поділяє думку авторів
- * Редакція залишає за собою право редагувати та скорочувати подані матеріали