

# ОРГАНІЗАЦІЯ, УПРАВЛІННЯ ТА ЕКОНОМІКА В БУДІВНИЦТВІ

УДК 330.131.5

DOI 10.31649/2311-1429-2023-1-146-151

**В. М. Андрухов**  
**В. О. Басістий**  
**Ю. О. Мартинюк**  
**С. О. Гладкий**

## ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОЦІНЦІ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

Опрацьовано літературні джерела в яких розкривається основна тематика розглянутих питань щодо реалізації безпечної експлуатації та завдяки чому можливо збільшити термін життя будівель або споруд. Опрацьовано літературні джерела щодо реалізації та впровадження BIM-технологій на території України, забезпечення надійного супроводу будівель на протязі періоду експлуатації. Проведено ознайомлення з можливостями прикладного програмного забезпечення для інформаційного контролю та супроводу на протязі всіх етапів життєвого циклу, для збереження довговічності будівлі. Опрацьовано дані щодо встановлення терміну нормальної експлуатації окремих із конструкційних елементів (каналізаційні труби, водопровід, т. і.) для планування обслуговування або заміни. Розглянуто основні фактори при експлуатації будівель та споруд: кліматичні характеристики, район розташування, навантаження і впливи, які в свою чергу безпосередньо мають вплив на терміни служби та технічні характеристики, а також кількість і періодичність планових робіт або проведення ремонтів по підтриманню нормального технічного стану будівлі. Проведено роботу з аналізу існуючих практик оцінки технічних характеристик будівель і споруд, розрахункових визначень залишкових експлуатаційних ресурсів, технічних характеристик та термінів безаварійної експлуатації. Проведення обстеження та оцінка технічного стану, причини виникнення проблем та виявлення дефектів, озвучення можливих заходів щодо усунення. Проаналізовано наскільки важлива цифрова інформація та представлення таких даних у централізованій системі. Одна база значно полегшить процеси збору інформації, пришвидшить супровід під час обслуговування. Завдяки можливості швидше отримувати необхідну інформацію для подальшого аналізу і моніторингу функціонування об'єкта, прийняття рішень, планування тощо, покращаться усі процеси. Опрацьовано переваги та недоліки підходів та сформовано висновок.

**Ключові слова:** експлуатація, обстеження, BIM-технології, рівні BIM, інформаційна модель (6D BIM), цифрова база даних.

### Вступ

Експлуатація будівель і споруд є досить важливим та технічно складним процесом, який базується на напрацьованому чималому досвіді, але з появою нових форм та структур відповідальних за експлуатацію, проблемність не зменшилась, а навпаки загострилась. Оцінка технічного стану, прийняття оптимальних рішень при тих або інших ситуаціях під час експлуатації, правила попередження майбутніх руйнувань та досягнення оптимізації затрат ресурсів та праці робітників при обслуговуванні будівель, ось далеко не повний перелік задач, які доводиться вирішувати під час експлуатації в штатному режимі.

Інформаційні технології все глибше проникають та пронизують всі сторони та сфери життєдіяльності людини, не виключенням є і будівельна галузь держави, хоча тут слід відмітити, що проникнення ІТ в будівництво носить допоки не системний, а скоріш за все фрагментарний характер. Фундаментальним кроком для цифровізації будівельної галузі є створення BIM моделей будівель та споруд на етапі проектування та в подальшому розробка цифрових клонів існуючих будівельних об'єктів.

Світова тенденція така, що майже в усіх країнах Європи та не лише, впроваджуються ті або інші інформаційні технології та активно запроваджують процеси на їх базі.

Україна також не залишилася у стороні та розпочала інтегрувати BIM-технології та різні інформаційні інновації в сфері будівництва [1]. Не зважаючи на проблематику даного процесу та застарілість підходів існуючих організацій та підприємств, процес запущений і його не спинити.

Завдяки плідній співпраці закордонних та вітчизняних фахівців створено покроковий алгоритм поступового запровадження BIM-технологій у будівельну сферу на теренах нашої держави. Експлуатація на думку багатьох фахівців являється невід'ємною складовою життєвого циклу будівель та споруд, а можливо і ключовою у впровадженні даних технологій.

Завдяки окремим можливостям BIM-технологій стало реальним досягти певних переваг під час експлуатації та проведенні чи попередженні ремонтних робіт.

### Основні способи підтримки будівель та споруд у належному стані

Для утримання будівель в технічно справному стані, як житлових так і промислових, визначальним є технічний стан конструкцій з яких складається та або інша будівля. Для визначення та оцінки характеристик кожного елементу будівлі проводиться періодичне обстеження. Метою обстеження є виявлення наявних дефектів, визначення залишкового експлуатаційного ресурсу будівельних конструкцій та основ для подальшого опрацювання цих даних при визначенні їх надійності, необхідності підсилення і планування та реалізації ремонтно-відновлювальних робіт.

Традиційно обстеження будівельних конструкцій складається з трьох основних етапів:

- *початкове ознайомлення* з проектною документацією, робочими та виконавчими кресленнями, актами на приховані роботи;
- *візуальний огляд об'єкта*, складання плану обстеження будівлі або споруди, проведення - комплексу досліджень, уточнення та остаточна детальна оцінка;
- *аналіз стану споруди* і розроблення рекомендацій щодо усунення виявлених дефектів [2].

Існуючі підходи діагностики носять зазвичай локальний характер, який базується на результатах візуального огляду та контролю міцності для окремих елементів. Найбільш реальну оцінку технічного стану будівельних об'єктів в цілому можливо отримати при випробуваннях динамічними навантаженнями, але такі технології вимагають використання сучасних комп'ютерних технологій для регулярного моніторингу технічного стану будівель та споруд [3]. Більш реальним підходом були б натурні випробування будівлі на прикладі якої можна з точністю визначити характеристики конструктивних елементів будівель. Проте конструктивні схеми будинків різні та проведення такого плану випробування потребують необхідного відповідного обладнання, ресурсів та кваліфікації працівників, а також дороговартісні у реалізації.

Проведення оцінки технічного стану конструкційних елементів за допомогою програм BIM, можуть надати інформацію наближену до реальної та являться менш фінансово затратними у порівнянні з реальними випробуваннями, що надає перевагу в порівнянні з іншими способами. Інформаційна база містить весь перелік даних про конструкційні елементи з яких складається будівля, що надає можливість розрахункового визначення залишкової міцності.

### Рівні впровадження BIM-технологій та можливе використання їх під час експлуатації

Загалом у концепції зі впровадження BIM існують чотири рівні [1]:

Рівень 0. – це двовимірні зображення.

BIM Рівень 1. - це згенерована 2D або 3D зображення.

BIM Рівень 2. – це об'ємна модель з інформаційними даними.

BIM Рівень 3. – знаходиться в розробці, але за даними науковців має перевагу над 2-м рівнем.

На рис. 1 можна помітити різницю і тенденцію переваг та можливостей впровадження BIM рівнів. На сьогоднішній день в Україні поки що реалізовано нульовий рівень та наявний розвиток першого рівня. Нажаль не можуть відійти проєктувальники та будівельки, а після експлуатуючі організації від паперовому варіантів та 2D зображення.

Загалом і до сьогодні уся наявна інформація по будівлях та спорудах знаходиться у паперовому вигляді та лежить на полицях в архівах, як в проєктних організацій так і в експлуатуючих компаніях.

Одним із найперших завдань, що потребують вирішення, є створення умов для подолання "інформаційного вакууму" у будівельній галузі загалом. Наразі, це відзначається системною нестачею статистичних, будівельних, операційних, економічних даних, у зв'язку з роздробленістю інформації, хаотичністю, невідповідністю, непрозорістю і т.і., через відсутність баз даних які можуть поєднати у собі уся інформація.

Системні процеси створення та обміну цифровою інформацією про будівлю є ключовим аспектом для поліпшення ефективності та якості будівельної галузі, а також створення єдиного джерела даних в рамках всієї галузі. Завдяки моделюванню та управлінню інформацією про забудову, можна підвищити функціональність та якість процесів управління об'єктом протягом усього життєвого циклу, знижуючи та оптимізуючи витрати на проєктування, будівництво та експлуатацію, попутно досягаючи оптимізації ключових показників проєкту (вартість, ефективність будівництва, якість, вплив на оточуюче середовище тощо). Впровадження інформаційного моделювання надає технічну можливість для переходу від традиційного процесу управління інформацією (умовно, від паперових носіїв інформації до цифрових) до створення експертних

моделей задля оптимізації ключових показників проекту на основі надійних, узгоджених даних, сприяючи створенню необхідних умов для подальшого переходу до принципів управління життєвим циклом об'єктів будівництва.

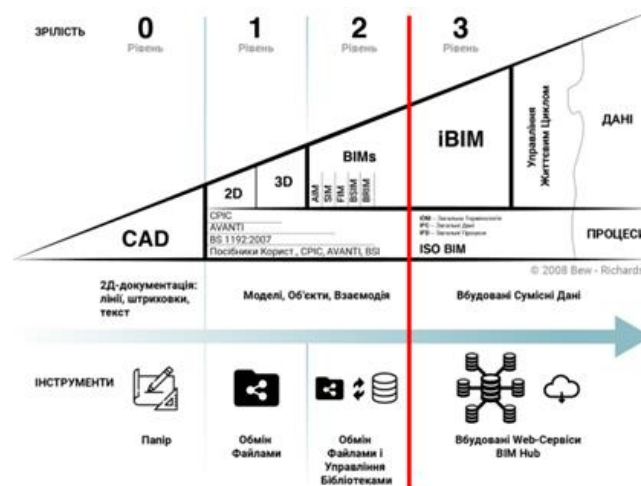


Рисунок 1 – Поділ рівнів впровадження BIM-технологій.

Для подальшої роботи системи, потрібно вирішити низку питань, а саме:

1. Докорінних змін у процесах створення, зберігання, обміну, передачі інформації, її подальшого використання та підвищенні ефективності процесу управління об'єктами на всіх етапах життєвого циклу.
  2. Уніфікації процесів управління та обміну інформацією.
  3. Підвищення ефективності управління контрактами в процесі життєвого циклу об'єкту будівництва.
  4. Підвищення інвестиційної привабливості галузі.
  5. Підвищення конкурентоздатності галузі українських компаній.
  6. Забезпечення прозорості інвестиційно-будівельних процесів та ціноутворення.
  7. Прогнозування експлуатаційних витрат об'єктів будівництва та сталий розвиток будівельної галузі.
  8. Цифрова трансформація цілого ряду державних функцій, сервісів та систем, забезпечення їхньої загальної інтеграції та взаємозв'язку.
  9. Зниження регуляторного навантаження.
  10. Підвищення енергоефективності будівельної галузі.
  11. Підвищення екологічності будівельної галузі.
  12. Підвищення безпечності об'єктів будівництва.
  13. Забезпечення нормативно-правового поля для застосування BIM протягом усього життєвого циклу.
  14. Гармонізація національних стандартів та вимог з європейськими (ISO, CEN).
- Протягом життєвого циклу об'єкта генерується значний обсяг даних, які мають бути надійною основою для прийняття рішень і передаватись для обробки та використання на наступному етапі. Одна з найперших задач, яку дозволяє вирішити застосування BIM являється оптимізація «втрат» даних при переході між етапами, забезпечення їхньої безперервності на відміну від традиційних методів, коли більшість інформаційних потоків - розривається, а відповідно «втрачається» значна частина напрацьованої інформації, наприкінці кожного етапу, при паперовому документообігу. Поліпшення зумовлюється використанням інформаційної моделі, як своєрідної бази в рамках CDE (Common Desktop Environment), що централізовано концентрує та зберігає всі необхідні дані, керуючись прийнятими стандартами та процедурами протягом всього життєвого циклу.

### Використання «BIM Рівень 2» в процесі експлуатації

Інформаційне моделювання процесу будівництва - це організаційний і технологічний підхід до проектування, будівництва й експлуатації об'єктів будівництва (до управління життєвим циклом об'єкта), який передбачає збір і комплексну обробку в процесі проектування всієї проектно-конструкторської, технологічної, економічної та іншої інформації про об'єкт будівництва із усіма взаємозв'язками і залежностями, коли об'єкт будівництва і все, що має до нього відношення, розглядаються як єдиний об'єкт.

На етапі експлуатації передбачається, що отримана інформаційна модель (формату 6D) містить всі необхідні дані для ефективного управління та використання будівлі. Ці дані можуть включати в себе інформацію про виробника певного обладнання/системи, дату встановлення, необхідне технічне обслуговування та деталі про те, як вони повинні бути налаштовані і експлуатуватися для оптимальної роботи, енергоефективності, а також дані про термін служби та виведення з експлуатації. Використання форматів COBie (Construction-Operations Building information exchange) для таких задач може мати чисельні переваги та спростити інформаційний обмін. Цифрове та централізоване представлення таких даних, поєднаних з тривимірною моделлю, суттєво полегшує процес оперування будівлею, дозволяє легко отримувати необхідну інформацію для подальшого аналізу і моніторингу функціонування об'єкта, прийняття рішень, планування тощо. Слід зауважити, що насичення такими даними має важливе значення ще на етапах концепції та проектування, оскільки дозволяє прийняти найбільш оптимальне та ефективне рішення, враховуючи довгострокову перспективу експлуатації будівлі [1].

Основними перевагами інформаційної моделі є:

- добре скоординована, злагоджена і взаємопов'язана інформаційна база;
- піддатливість моделі об'єкта розрахункам та аналізу;
- має геометричну прив'язку конструкцій;
- придатна для комп'ютерного використання в подальшому;
- допускає необхідні оновлення [3].

Перевага під час періоду експлуатації та обслуговування:

- наявність та доступність до прийнятих конкретних проектних рішень;
- створення високоякісної проектної документації;
- прогнозування експлуатаційних якостей об'єкта;
- складання кошторисів і будівельних планів;
- замовлення і виготовлення матеріалів і обладнання;
- управління зведенням будівлі;
- управління під час експлуатації самої будівлі і засобів технічного оснащення протягом всього життєвого циклу;
- управління будівлею, яка є об'єктом комерційної діяльності;
- управління реконструкцією або ремонтом будівлі;
- знесення та утилізації будівлі;
- інших пов'язаних із будівлею цілей [3]. На підставі числової моделі визначають склад контрольованих параметрів, правила обробки і критерії оцінки технічного стану об'єкту.

Для визначення розрахункових (допустимих) значень контрольованих параметрів розробляється математична і комп'ютерна модель об'єкту з використанням сучасних засобів скінченно-елементного аналізу (ANSYS, ЛИРА, MicroFe, SCAD та ін.).

Метод регресійного аналізу для виявлення і прогнозу негативних змін. Функціонування системи моніторингу технічного стану несучих конструкцій дозволяє відстежувати зміну поточного стану будівлі і накопичувати відповідний інформаційну базу даних. Результати роботи системи моніторингу є базою для здійснення прогнозу технічного стану об'єкту.

Використання регресійного аналізу дає можливість виявляти залежності динаміки змін контрольованих параметрів і прогнозувати зміну контрольованого параметра на заданий часовий інтервал з метою визначення майбутнього технічного стану об'єкту.

Використання методів математичного моделювання і прогнозних значень контрольованих параметрів, отриманих шляхом регресійного аналізу, дозволяє здійснити прогноз майбутнього стану об'єкту у разі, якщо не будуть прийняті заходи по відвертанню розвитку негативних процесів, що викликають зміну значень контрольованих параметрів [4].

Системи BIM дозволяють параметризаційний опис геометричних і матеріальних ознак конструктивних елементів, що дає можливість в повній мірі оцінити усю інформацію із пов'язаними даними про виріб, виробника та вартість, що в майбутньому відіграє важливу роль як при обслуговуванні так і при заміні. Не забуваємо про кошторисні документи які за наявності точної інформації, по матеріалах, спрощуються у виконанні та представляються найбільш оптимальним варіантом.

Матеріал з якого виготовлений конструктивний елемент відіграє важливу роль під час експлуатації. Візьмемо до прикладу характеристики металевих труб для водопроводів табл. 1.

**Характеристики металевих водопровідних труб.**

Матеріал виготовлення труби	Властивості	Область застосування	Способи монтажу	Термін експлуатації, років
Металеві труби				
<b>Сталь</b>	Схильні до корозії, важкі, висока теплопровідність	Трубопроводи газопостачання, водопостачання та каналізації	Муфти, косинці, фітинги, зварювання	30–40
<b>Чавун</b>	Велика товщина стінок; порівняно із сталлю, не так схильні до корозії; важкі, стійкі до перепадів температур, міцні, неаварійні	Водопровідні та каналізаційні мережі, дощові та фекальні водостоки	Ущільнюючі прокладки та розтруби	80–100
<b>Мідь</b>	Мало схильні до корозії, надійні, витримують перепади температур, теплопровідність міді в 4 рази вище, ніж у сталі; стійкі до дії УФ-променів; непроникні для газів; мають бактерицидну дію; діапазон робочих температур від -200 до +500 °С; не схильні до старіння. З часом покриваються тонким шаром оксиду, який не впливає на їхню міцність.	Трубопроводи систем опалення, холодного та гарячого водопостачання, маслопроводи, газопроводи	Капілярне високо-температурне паяння, фітинги.	50–70

Якщо відповідно до регламенту проводити обслуговування водопровідних та каналізаційних мереж то можливо продовжити період експлуатації що найменше на 25%, а це лише один елемент із усієї системи будинку. А база даних яка кожного дня обновлюється може ефективно та в потрібні терміни надати інформацію щодо виконання робіт з підтримання в належному стані мережі в будинку та не лише.

Тому і є важливим наповнення інформації ще на початкових стадіях проектування. Більш наповнена інформаційна база по кожному із конструктивних елементів дасть змогу щонайкраще оцінити термін служби, технічні характеристики та скоординувати подальші дії під час проведення капітального ремонту, розрахувати кількість матеріалів для розрахунку вартості.

**Висновки**

Настав час відходити від застарілих норм, підходів та паперової інформації наявної про будинки які знаходяться в експлуатації. Потрібно почати крокувати у ногу із часом та розвивати найперспективніший, електронно-інформаційний підхід для зберігання та використання даних по будівлях та спорудах.

Зважаючи на затратений час організацій які виконують обстеження та оцінку житлових будинків, та вартість робіт, використання інформаційної моделі може допомогти оптимізувати усе. Не обов'язковим буде шукати і переглядати усі паперові варіанти проектів та документації по об'єктах, а геометричні дані не обов'язково переміряти та креслити коли спонукає чергова потреба.

Необхідність технічного обслуговування є досить важливою, а деталі про те, як конструкції будівлі повинні бути змонтовані та експлуатуватися для оптимальної роботи всієї системи, збільшить термін служби системи в цілому та окремих її елементів. Цифрова інформація та централізоване представлення таких даних, значно полегшить багато різних процесів оперування будівлею, завдяки чому можливо легко отримувати необхідну інформацію для подальшого аналізу і моніторингу функціонування об'єкта, прийняття рішень, планування тощо. Тому перспектива впровадження даної технології є важливою, а спеціалісти у даній сфері затребувані.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Про схвалення Концепції впровадження технологій будівельного інформаційного моделювання (BIM-технологій) в Україні та затвердження плану заходів з її реалізації. Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 17 лютого 2021 р. (№ 152-р).
2. Валовой О.І. Проектування технологія та організація будівництва. Зведення і ремонт будівель та споруд. Том V "Реконструкція промислових будівель та споруд": Довідково-методичний навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком "Будівництво" / О.І. Валовой. - Кривий Ріг: Видавничий дім, 2009. - 480 с.
3. Трач Р.В. Інформаційне моделювання в будівництві (bim): сутність, етапи становлення та перспективи розвитку. Глобальні та національні проблеми економіки. – Вип. 16. – 2017. – С. 490–495.
4. Попруга Д. В. Проблеми моніторингу технічного стану будівель і споруд / Д. В. Попруга, О. І. Валовой // Вісник Криворізького національного університету : збірник наук. пр. – Кривий Ріг, 2013. – Вип. 34. – С. 186–190.

## REFERENCES

1. Pro skhvalennya Kontseptsiyi vprovadzhennya tekhnolohiy budivel'noho informatsiynoho modelyuvannya (VIM-tekhnolohiy) v Ukraini ta zatverdzhennya planu zakhodiv z yiyi realizatsiyi. Rozporyadzhennyam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 17 lyutoho 2021 r. (№ 152-r).
2. Valovoy O.I. Tekhnolohiya proektuvannya ta orhanizatsiya budivnytstva. Zvedennya i remont budivel' ta sporud. Tom V "Rekonstruktsiya promyslovykh budivel' ta sporud": Dovidkovo-metodychnyy navchal'nyy posibnyk dlya studentiv vyshchykh navchal'nykh zakladiv za napryamom "Budivnytstvo" / O.I. Valovoy. – Kryvyy Rih : Vydavnychyy dim, 2009. – 480 s.
3. Trach R.V. Informatsiyne modelyuvannya v budivnytstvi (bim): sutnist', etapy stanovlennya ta perspektyvy rozvytku. Hlobal'ni ta natsional'ni problemy ekonomiky. – Vyp. 16. – 2017. – S. 490–495.
4. Popruha D . V. Problemy monitorynhu tekhnichnoho stanu budivel' i sporud / D.V. V. Popruha, O. I. Valovoy // Visnyk Kryvoriz'koho natsional'noho universytetu : zbirnyk nauk. pr. – Kryvyy Rih, 2013. – Vyp. 34. – S. 186–190.

**Андрухов Валерій Михайлович** – к.т.н., доцент кафедри ПЦБ, член-кореспондент академії будівництва України, очолює роботу СПКБ «ВІННИЦЯ-XXI».

**Басистий Віталій Олександрович** – аспірант, Вінницький національний технічний університет, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, E-mail: [vital.bass1@gmail.com](mailto:vital.bass1@gmail.com).

**Мартинюк Юлія Олександрівна** – бакалавр, Вінницький національний технічний університет, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії.

**Гладкий Станіслав Олександрович** – бакалавр, Вінницький національний технічний університет, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії.

**V. Andrukhov**  
**V. Bassist**  
**Y. Martyniuk**  
**S. Hladkyi**

## THE USE OF BIM - TECHNOLOGIES IN THE ASSESSMENT OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF RESIDENTIAL BUILDINGS

Vinnitsia National Technical University

*Abstract Literary sources have been elaborated, which reveal the main topics of the discussed questions regarding the implementation of safe operation and due to which it is possible to increase the life span of buildings or structures. Literary sources on the implementation and implementation of BIM technologies on the territory of Ukraine, ensuring reliable maintenance of buildings during the period of operation have been elaborated. Familiarity with the capabilities of application software for information control and support during all stages of the life cycle to preserve the durability of the building was conducted. Data on the period of normal operation of some of the structural elements (sewer pipes, water pipes, etc.) were processed for maintenance or replacement planning. The main factors in the operation of buildings and structures are considered: climatic characteristics, location, load and influences, which in turn have a direct impact on the service life and technical characteristics, as well as the number and frequency of planned works or repairs to maintain the normal technical condition of the building. Work was carried out on the analysis of existing practices for assessing the technical characteristics of buildings and structures, estimated determinations of residual operational resources, technical characteristics and periods of trouble-free operation. Inspection and assessment of the technical condition, causes of problems and detection of defects, announcement of possible remedial measures. It has been analyzed how important digital information is and the presentation of such data in a centralized system. One database will greatly facilitate the processes of information collection, speed up support during maintenance. All processes will improve thanks to the ability to quickly receive the necessary information for further analysis and monitoring of the object's functioning, decision-making, planning, etc. The advantages and disadvantages of the approaches were studied and a conclusion was drawn.*

**Key words:** operation, survey, BIM technologies, BIM levels, information model (6D BIM), digital database.

**Andrukhov Valeriy Mykhailovych**, Candidate of Technical Sciences, Corresponding Member of the Academy of Civil Engineering of Ukraine, Deputy head of the department, heads the work of SPKB "VINNITSA-XXI".

**Bassist Vitaliy Oлександрович**, graduate student, Vinnitsia National Technical University, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, E-mail: [vital.bass1@gmail.com](mailto:vital.bass1@gmail.com).

**Martyniuk Yuliia Oлександрівна**, bachelor, Vinnitsia National Technical University, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering.

**Hladkyi Stanislav Oлександрович**, bachelor, Vinnitsia National Technical University, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering.