

Микола Корзаченко

## ПІДСИЛЕННЯ ФУНДАМЕНТІВ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДИНКІВ У ЩІЛЬНИХ УМОВАХ

**Актуальність теми дослідження.** Зведення нових будинків, прокладання інженерних мереж, розширення доріг, влаштування підземних паркінгів та переходів без урахування впливів на сусідні будівлі призводить до їх передчасного руйнування.

**Постановка проблеми.** У більшості будівель, навіть після проведення ремонту чи підсилення надземних конструкцій, деформації не припиняються, призводячи до часткового або повного руйнування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема будівництва у складних інженерно-геологічних умовах та в існуючій щільній забудові присвячено багато публікацій.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Методи підсилення фундаментів та основ, розроблені різними науковими школами, не завжди можна застосовувати в малоповерховій забудові, враховуючи її особливості.

**Постановка завдання.** Удосконалити метод підсилення фундаментів малоповерхових будинків у щільних умовах, враховуючи місцевий досвід та особливості рельєфу.

**Виклад основного матеріалу.** На основі аналізу конструктивно-планувального рішення існуючої малоповерхової забудови, типів фундаментів та особливостей їх конструктивних рішень і ґрунтових умов розроблено нове конструктивне рішення до підсилення існуючих фундаментів в умовах схилів з нахилом до  $10^\circ$ , що використано на реальному об'єкті, а його доцільність підтверджена числовим моделюванням та натурними спостереженнями за деформаціями основи. Спосіб підсилення фундаментів включає підсилення основ фундаментів та влаштування підпірної стінки між схилом і будинком, який полягає в тому, що наявний фундамент з'єднується монолітною армованою плитою з новим фундаментом та підпірною стінкою.

**Висновки відповідно до статті.** На основі аналізу конструктивних особливостей фундаментів малоповерхових будинків розроблено метод підсилення фундаментів малоповерхових будинків у щільних умовах з урахуванням особливостей рельєфу.

**Ключові слова:** фундамент; підсилення; основа; малоповерховий будинок; щільні умови; моделювання.

Рис.: 2. Бібл.: 8.

**Актуальність теми дослідження.** У великих містах України зберігається велика кількість старої забудови, переважна більшість з якої дуже фізично та морально зношена. Такі будинки можуть бути пам'ятками історії й архітектури, чи просто окрасою старовинного центру міста. Зведення нових будинків, прокладання інженерних мереж, розширення доріг, влаштування підземних паркінгів та переходів без урахування впливів на сусідні будівлі призводить до їх передчасного руйнування. Сприяє руйнуванню будинків і порушення правил експлуатації, непривальне перепланування, ремонті чи реставраційні роботи, особливо в щільних міських умовах. На сьогодні відомо досить багато способів підсилення несучих конструкцій, основ і фундаментів будівель і споруд.

**Постановка проблеми.** Як показує аналіз [1], у більшості будівель, навіть після проведення ремонту чи підсилення надземних конструкцій, деформації не припиняються, призводячи до часткового або повного руйнування. При реконструкції об'єктів та відновленні деформованих будівель і споруд, особливо у стиснених умовах, необхідно обирати малогабаритне технологічне устаткування та оснащення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема будівництва у складних інженерно-геологічних умовах та в існуючій щільній забудові присвячено багато публікацій [2–7]. Зокрема, особливо широко цю проблему вивчали українські інститути, у тому числі НДІ будівельних конструкцій (сьогодні – ДП НДІБК), НДІ «Проектреконструкція» тощо.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Методи підсилення фундаментів та основ, розроблені різними науковими школами, не завжди можна застосовувати в малоповерховій забудові, зважаючи на її особливості. Допоміжним фактором ускладнення процесу реконструкції є стиснені умови та щільна забудова.

**Постановка завдання.** Удосконалити метод підсилення фундаментів малоповерхових будинків у щільних умовах, враховуючи місцевий досвід та особливості рельєфу.

**Виклад основного матеріалу.** При зведенні будівель і споруд у щільній малоповерховій забудові не завжди звертається увага на особливості території, на якій розташовані будівлі та споруди.

При недостатньому практичному досвіді зведення будівель в умовах щільної забудови можуть виникати негативні фактори, такі як тріщини в несучих стінах, фундаментах, перекриттях, деформування основ та фундаментів поруч із розташованими спорудами, підвищення рівня ґрунтових вод тощо.

Відсутність налагоджених технологій зведення будинків в умовах щільної міської забудови, недостатній практичний досвід будівельних організацій, які мають здійснювати комплекс складних робіт, є причинами деформування будівель, а в окремих випадках призводять до руйнувань, завдаючи при цьому значних збитків.

Одним із найбільш трудомістких і відповідальних будівельних процесів і робіт в умовах щільної міської забудови є влаштування фундаментів і конструкцій підземної частини будівель поруч з існуючими будинками. Трудомісткість влаштування таких об'єктів становить 30–40 % від загальної трудомісткості, а в особливих інженерно-геологічних умовах може перевищувати 50 % [8].

Аналіз практичного досвіду зведення будинків у щільній малоповерховій забудові м. Чернігова дає можливість виокремити основні причини, які призводять до деформацій основ і фундаментів розташованих поряд будинків, а саме:

- динамічні впливи на поряд розташовані будинки під час забивання паль, шпунтів чи інших механізованих робіт;
- виконання дренажних робіт;
- будівництво будинків та прибудов без відповідних технічних заходів;
- виконання неефективних методів підсилення фундаментів та основ.

Обґрунтування раціональних рішень щодо зведення конструкцій підземної частини повинно базуватися на комплексному аналізі особливостей майданчику будівництва, об'ємно-планувального та конструктивного вирішення поруч розташованих будинків.

На основі проведених досліджень можна виокремити таку групу факторів, які необхідно враховувати під час проведення проектування та будівництва поруч із розташованими будинками:

- 1) наявність на майданчику слабких та нерівномірно стискуваних ґрунтів;
- 2) наявність високого рівня ґрунтових вод;
- 3) ґрунти на майданчику можуть перебувають у водонасиченому та пластичному стані;
- 4) старі розташовані поруч будинки зазвичай мають фундаменти неглибокого закладання на природній основі – насипні сильностискувальні водонасичені ґрунти, які здатні ущільнюватися або втрачати стійкість при динамічних впливах;
- 5) заглиблення фундаментів під нові будинки здебільшого більше, ніж у існуючих будинках, що може привести до розвитку суфозії із під подошви фундаментів розташованих поруч будинків;
- 6) нові будинки, переважно підвищеної поверховості, суттєво завантажують сусідні ділянки – можливі значні сумісні осадки основи і фундаментів розташованих поруч будинків.

Будівництво в умовах щільної міської забудови є досить складним завданням і потребує цілого комплексу робіт.

При будівництві в щільних умовах необхідно забезпечити не лише збереження будинків, споруд, пам'яток архітектури та історії розташованих поряд, але й забезпечити нормальні умови проживання та праці мешканців у поруч розташованих будинках.

Особливої уваги заслуговують території з історичною щільною забудовою та складними інженерно-геологічними умовами. Територія України, на якій відбувається буді-

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

вництво та експлуатація об'єктів, більше ніж 80 % відноситься до складних інженерно-геологічних умов. Це будинки і споруди, основи яких складені слабкими та просідаючими ґрунтами, розташовані на наливних територіях, зсувонебезпечних схилах, карстових утвореннях, районах над гірничими виробками тощо [8].

На основі аналізу конструктивно-планувального рішення існуючої малоповерхової забудови, типів фундаментів та особливостей їх конструктивних рішень і ґрунтових умов розроблено нове конструктивне рішення до підсилення існуючих фундаментів в умовах схилів із нахилом до 10°, що використано на реальному об'єкті, а його доцільність підтверджена числовим моделюванням та натурними спостереженнями за деформаціями основи (рис. 1, а).

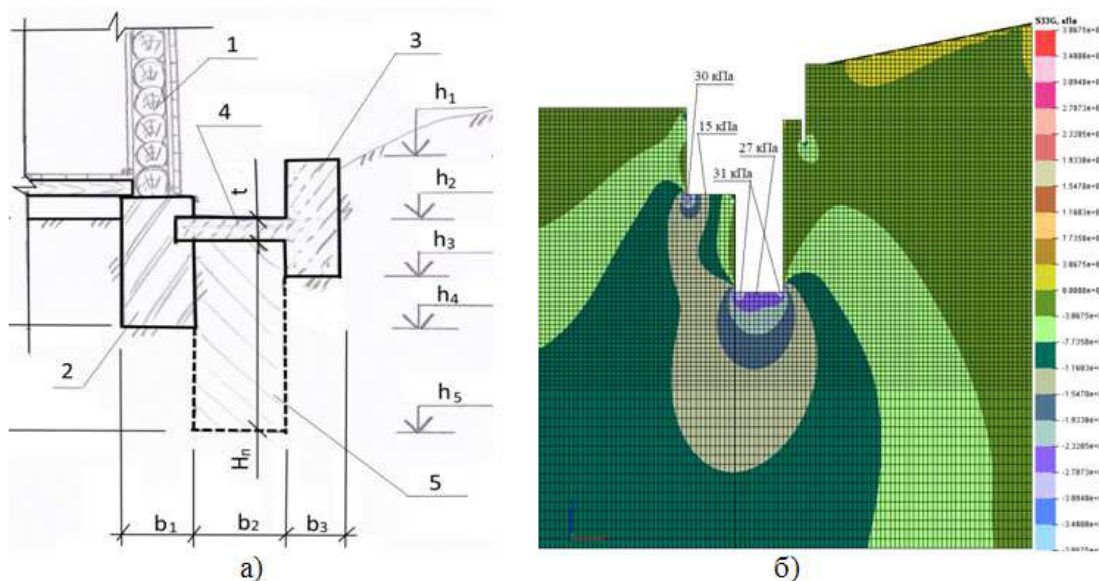


Рис. 1. Варіант підсилення існуючого фундаменту будинку, що розташований на схилі:  
 а – загальна схема: 1 – стіна існуючого будинку; 2 – існуючий фундамент, 3 – підпірна стінка;  
 4 – залізобетонна плита; 5 – новий фундамент (стовпчастий, стрічковий або пальовий);  
 б – ізополя додаткових вертикальних напружень, кПа

Спосіб підсилення фундаментів включає підсилення основ фундаментів та влаштування підпірної стінки між схилом і будинком, який полягає в тому, що наявний фундамент з'єднується монолітною армованою плитою з новим фундаментом та підпірною стінкою (рис. 2).



Рис. 2. Фото об'єкта з підсиленням запропонованим методом:  
 а – під час виконання робіт; б – фото після 4 років експлуатації об'єкта

Метою дослідження була оцінка ефективності запропонованого варіанта підсилення фундаменту. Об'єкт дослідження – напружено-деформований стан наявного фундаменту та ґрунтової основи.

Дослідження проводилось шляхом числового моделювання спільної роботи елементів системи «ґрунтова основа – фундамент» методом скінчених елементів на базі автоматизованої системи наукових досліджень «VESNA» у двовимірній постановці з використанням пружно-пластичної моделі ґрунту. Розрахунки проводились у нелінійній постановці з урахуванням як фізичної, так і конструктивної нелінійності.

Відповідно до концепції квазірегулярних сіток «розрахункова ділянка», до складу якої входять усі елементи системи «ґрунтова основа – фундамент – будівля», розділяється на фрагменти з типологічно регулярною сіткою скінчених елементів. Кожний такий фрагмент відображається відповідним паралелепіпедом, довжина ребер якого відповідає кількості скінчених елементів (СЕ), які прилягають до відповідного ребра. Паралелепіпед має локальну систему координат  $X_1, X_2, X_3$ , початок якої збігається з вершиною паралелепіпеда. При цьому вузли сітки і скінченні елементи нумеруються по порядку в межах фрагмента (паралелепіпеда). Нумерація починається від початку локальної системи координат, і згідно з нею вводяться вхідні дані та виводяться результати розрахунків у вигляді таблиць та графічних відображень.

Розрахункова схема системи будується за списком імен фрагментів з урахуванням контакту між фрагментами у спільних вузлах. Все це забезпечує необхідну гнучкість системи в процесі дослідження роботи окремих вузлів споруди та визначення впливу одних конструктивних елементів на інші, а також спрощення на етапі обробки результатів аналізу їхнього напружено-деформованого стану.

Розрахункові навантаження узгоджено зі збором навантажень, що включають власну вагу конструкцій будинку й тимчасові корисні навантаження з урахуванням відповідних коефіцієнтів надійності. Навантаження від власної ваги будинку та тимчасові навантаження передаються через подошву фундаменту на ґрунтову основу.

ґрунтова основа розглядалась як пружно-пластичне багатошарове тіло відповідно до геологічного розрізу. Розташування, потужність та механічні властивості ґрунтових шарів основи прийнято згідно з даними інженерно-геологічних вишукувань.

Деформаційні властивості ґрунтової основи характеризуються модулем деформації ґрунту та коефіцієнтом Пуассона.

За початковий стан був прийнятий напружено-деформований стан ґрунтового масиву від власної ваги. Кожний наступний етап враховував НДС попереднього етапу.

Розміри «вирізаної» частини основи та граничні умови на обмежуючих площинах призначались таким чином, щоб найбільш точно врахувати особливості взаємодії основи під фундаментом з оточуючим ґрунтовим масивом та щоб можна було горизонтальні переміщення й осідання вважати досить малими, щоб закріпити точки ґрунтової основи на цих площинах вздовж осей  $X$  і  $Y$ .

Осідання ґрунтового масиву під подошвою наявного фундаменту за результатами розрахунків прогнозується не більше 1 мм. Результати розрахунків взаємодії елементів системи для варіанта із застосуванням заходів щодо підсилення фундаменту, показали, що очікуваний приріст деформацій наявного фундаменту не перевищує 0,5 мм, при цьому сумарна величина вертикальних деформацій становить 1,4 мм.

Горизонтальні переміщення за результатами числового моделювання становили 0,3 мм у верхній частині поряд розташованого укусу, а в точці контакту бічної поверхні фундаменту з поверхнею ґрунту – не перевищують 0,1 мм. Приріст горизонтальних переміщень фундаменту за результатами числового моделювання відсутній.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Ізополя додаткових вертикальних напружень після підсилення наявного фундаменту будинку показані на рис. 1, б. Унаслідок розвантаження наявного фундаменту, очікується зменшення значення напружень на рівні підшви фундаменту з 22 кПа до 15 кПа під центром наявного стрічкового фундаменту.

Дотичні напруження з боку навколо розташованого укосу не перевищують 4 кПа. При цьому відбувається утворення зон – концентраторів по кутах підшви фундаменту, де дотичні напруження становлять 7-10 кПа. Після влаштування заходів щодо підсилення наявного фундаменту очікується незначне збільшення значень напружень у зонах-концентраторах – до 15 кПа під кутом наявного фундаменту.

**Висновки відповідно до статті.** На основі аналізу конструктивних особливостей фундаментів малоповерхових будинків розроблено метод підсилення фундаментів малоповерхових будинків у щільних умовах з урахуванням особливостей рельєфу. Цей метод рекомендовано застосовувати при підсиленні існуючих фундаментів в умовах схилів з нахилом до 10°.

Запропонований варіант підсилення існуючого фундаменту додатково дозволив зменшити величину дотичних напружень з боку поряд розташованого підвищення поверхні рельєфу.

### Список використаних джерел

1. Корзаченко М. М. Дослідження для запобігання руйнацій будівельних об'єктів / М. М. Корзаченко, І. М. Іванова // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2011. – № 41. – С. 144–147.
2. Осипов О. Ф. Будівництво в умовах міської забудови. Досвід і перспективи // Містобудування та територіальне планування / О. Ф. Осипов, І. Т. Гладун // Науково-технічний збірник. – К. : КНУБА, 2004. – Вип. 17. – С. 216–224.
3. Осипов О. Ф. Технологічні аспекти зведення конструкцій підземної частини з поруч розташованими будинками / О. Ф. Осипов, І. Т. Гладун, Ф. Н. Акимов // Будівництво та техногенна безпека : збірник наукових праць. – Сімферополь : Національна академія природоохоронного та курортного будівництва, 2007. – Вип. 22. – С. 70–75.
4. Гранько О. В. Робота системи «Основа-фундамент-будівля» при надбудові / О. В. Гранько, О. В. Суходуб // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава : ПолтНТУ, 2013. – № 3 (38), т. 2. – С. 64–68.
5. Zotsenko N. L. Long-Term Settlement of Buildings Erected on Driven Cast-In-Situ Piles in Loess Soil / N. L. Zotsenko, Y. L. Vinnikov // Soil Mechanics and Foundation Engineering. – July 2016. – Vol. 53, Issue 3. – Pp. 189–195.
6. Улицкий В. М. Геотехническое сопровождение развития городов (практическое пособие по проектированию зданий и подземных сооружений в условиях плотной застройки) / В. М. Улицкий, А. Г. Шашкин, К. Г. Шашкин. – СПб. : Стройиздат Северо-Запад, 2010. – 552 с.
7. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / под ред. В. А. Ильичева и Р. А. Мангушева. – М. : Изд-во АСВ, 2014. – 728 с.
8. Матвеев І. В. Складні інженерно-геологічні та сейсмонебезпечні умови України і напрямки досліджень, що потребують вирішення за потреби будівництва / І. В. Матвеев // Світ Геотехніки. – 2013. – № 3. – С. 16–19.

### References

1. Korzachenko, M. M. & Ivanova, I. M. (2011). Doslidzhennya dlya zapobihannya ruinatsiyi budivelnikh obyektiv [Research for preventing the destruction of construction sites]. *Visnyk Odeskoi derzhavnoi akademii budivnytstva ta arkhitektur – Bulletin of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*, 41, 144–147 [in Ukrainian].
2. Osypov, O. F., Hladun, I. T. (2004). Budivnytstvo v umovakh miskoyi zabudovy. Dosvid i perspektyvy [Construction in the conditions of urban development. Experience and Prospects]. *Mistobuduvannya ta terytorialne planuvannya. Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk – Urban Planning and Territorial Planning. Scientific and technical collection*, 17, 216–224 [in Ukrainian].

3. Osipov, O. F., Gladun, I. T. & Akimov, F. N. (2007). Tekhnolohichni aspekty zvedennya konstruktivnykh pidzemnoi chastyny z poruch roztashovanykh budynkamy [Technological aspects of construction of underground structures with nearby houses]. *Budivnytstvo ta tekhnohenna bezpeka. Zbirnyk naukovykh prats – Construction and technogenic safety. Collection of scientific works*, 22, 70-75 [in Ukrainian].

4. Hranko, O. V. & Sukhodub, O. V. (2013). Robota systemy «Osnova-fundament-budivlia» pry nadbudovi [Work of the system «Basis-foundation-building» in the superstructure]. *Zbirnyk naukovykh prats (haluzeve mashynobuduvannya, budivnytstvo – Collection of scientific works (branch engineering, construction)*, 3 (38), 2, 64-68 [in Ukrainian].

5. Zotsenko, N. L., & Vinnikov, Y. L. (2016). Long-Term Settlement of Buildings Erected on Driven Cast-In-Situ Piles in Loess Soil. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 53 (3), 189–195.

6. Ulitskiy, V. M., Shashkin, A. G. & Shashkin, K. G. (2010). *Geotekhnicheskoye soprovozhdeniye razvitiya gorodov (prakticheskoe posobie po proektirovaniyu zdaniy i podzemnykh sooruzheniy v usloviyakh plotnoi zastroyki)* [Geotechnical support of the development of cities (a practical guide to the design of buildings and underground structures in dense housing)]. St. Petersburg: Stroyizdat North-West [in Russian].

7. Ilichyova, V. A. & Mangusheva, R. A. (ed.) (2014). *Spravochnik geotekhnika. Osnovaniya, fundamenti i podzemnye sooruzheniya* [Reference book of geotechnics. Foundations, foundations and underground structures]. Moscow: Publishing House of the DIA [in Russian].

8. Matvieyev, I. V. (2013). Skladni inzhenerno-geolohichni ta seismonebezpechni umovy Ukrainy i napriamky doslidzen, shcho potrebuyut vyrishennya za potreby budivnytstva [Complex engineering geological and seismic-hazardous conditions of Ukraine and areas of research that require a solution for the needs of construction]. *Svit Heotekhniki – World Geotechnics*, 3, 16–19 [in Ukrainian].

UDC 624.159.4

Mykola Korzachenko

## REINFORCEMENT OF FOUNDATION IN LOW-RISE BUILDINGS IN CRAMPED SETTINGS

**Urgency of the research.** Erection of new buildings, laying pipelines and networks, roads widening, and developing underground parking and passages not taking into consideration the impact on the neighbor buildings brings about their early destruction.

**Target setting.** In the majority of buildings, even after a repair work or aboveground constructions reinforcement, deformation doesn't cease causing partial or complete destruction.

**Actual scientific researches and issues analysis.** A whole number of publications is dedicated to problems of construction in complex geotechnical conditions and in the existing cramped settings.

**Uninvestigated parts of general matters defining.** Methods of foundation and basis reinforcement designed by different research institutes may not always be used in low-rise buildings taking into consideration its specificities.

**The research objective.** To improve the method of reinforcement of foundation in low-rise buildings in a cramped setting taking into consideration local experience and relief peculiarities.

**The statement of basic materials.** Based on the analysis of engineering and planning solution for the existing low-rise building, foundation types and peculiarities of their engineering solutions and soil conditions, a new engineering solution – to reinforce existing foundations in the condition of hills with a 10 degree incline – was designed; this solution was applied to a real object. The method of foundation reinforcement includes fortification of the foundation basis and construction of an abutment between the hill and the building; it consists in the following: the existing foundation is connected by a solid reinforced slab to the new foundation and the abutment.

**Conclusions.** Based on the analysis of structural peculiarities of low-rise buildings a method to reinforce foundations in low-rise buildings in cramped settings, taking into account relief specificities, was designed.

**Keywords:** foundation; reinforcement; basis; low-rise building; cramped settings; modeling.

Fig.: 2. References: 8.

УДК 624.159.4

Николай Корзаченко

## УСИЛЕНИЕ ФУНДАМЕНТОВ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ В ПЛОТНЫХ УСЛОВИЯХ

**Актуальность темы исследования.** Возведение новых зданий, прокладка инженерных сетей, расширение дорог, устройство подземных паркингов и переходов без учета влияния на соседние здания приводит к их преждевременному разрушению.

**Постановка проблемы.** В большинстве обследованных зданиях, даже после проведения ремонта или усиления надземных конструкций, деформации не прекращаются, приводя к частичному или полному разрушению.

## TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

**Анализ последних исследований и публикаций.** Проблемам строительства в сложных инженерно-геологических условиях и в существующей плотной застройке посвящен целый ряд публикаций.

**Выделение неисследованных частей общей проблемы.** Методы усиления фундаментов и оснований, разработанные различными научными школами, не всегда можно применять в малоэтажной застройке, учитывая ее особенности.

**Постановка задачи.** Усовершенствовать метод усиления фундаментов малоэтажных зданий в плотных условиях учитывая местный опыт и особенности рельефа.

**Изложение основного материала.** На основе анализа конструктивно-планировочного решения существующей малоэтажной застройки, типов фундаментов и особенностей их конструктивных решений и грунтовых условий разработано новое конструктивное решение к усилению существующих фундаментов в условиях склонов с наклоном до 10°, метод использован на реальном объекте, а его целесообразность подтверждена числовым моделированием и натурными наблюдениями за деформациями основания. Способ усиления фундаментов включает усиления оснований фундаментов и устройство подпорной стенки между склоном и домом, который заключается в том, что фундамент существующего здания соединяется монолитной армированной плитой с новым фундаментом и подпорной стенкой.

**Выводы в соответствии со статьей.** На основе анализа конструктивных особенностей фундаментов малоэтажных домов разработан метод усиления фундаментов малоэтажных домов в плотных условиях с учетом особенностей рельефа.

**Ключевые слова:** фундамент; усиление; основание; малоэтажный дом; плотные условия; моделирование.

Рис.: 2. Библ.: 8.

**Корзаченко Микола Миколайович** – викладач, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14035, Україна).

**Корзаченко Николай Николаевич** – преподаватель, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14035, Украина).

**Korzachenko Mykola** – lecturer, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenka Str., 14035 Chernihiv, Ukraine).

**E-mail:** korzachenko\_87@meta.ua

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-5674-8662>

**ResearcherID:** F-5177-2016