

П.Є. Григоровський, д.т.н., с.н.с., перший заступник директора інституту з наукової роботи, Дійсний член Академії будівництва України ORCID: 0000-0003-0527-5890;

О.В. Мурсьова, ORCID: 0000-0003-4995-3761, ДП "НДІБВ", м. Київ

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ВПЛИВУ НОВОГО БУДІВНИЦТВА НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ ПРИДАТНІСТЬ БУДІВЕЛЬ ПРИЛЕГЛОЇ ЗАБУДОВИ

Анотація. В статті розглянуто основні причини деформацій існуючих будівель при будівництві поблизу них та фактори природнього та техногенного впливу на їх експлуатаційну придатність. Наведено методи обчислення впливу нового будівництва на експлуатаційну придатність будівель прилеглої забудови. Складено алгоритми розробки інформаційної моделі розрахунку впливу нового будівництва на експлуатаційну придатність будівель прилеглої забудови.

Ключові слова: ущільнена забудова, вплив нового будівництва, інформаційні моделі розрахунку, деформації, моніторинг

Вступ

Наукова проблема досліджень синергетичного ефекту природних і техногенних факторів впливу нового будівництва та ущільненої забудови, що виникає протягом життєвого циклу прилеглих будівель, об'єктів будівництва та оточуючої їх території потребує вирішення. Актуальним є аналіз та вивчення природних і техногенних факторів геодинамічних процесів, що виникають при новому будівництві та ступеню їх взаємовпливу.

Постановка проблеми

Несвоєчасно виявлені і не попереджені активні процеси та деформації при будівництві в ущільнених умовах призводять до виникнення дефектів та пошкоджень будівель і споруд, розташованих на геодинамічних територіях і є причиною їх прогресуючих деформацій, наслідки яких призводять до матеріальних витрат, соціального і екологічного збитку. Тому важливо правильно і своєчасно оцінити стан прилеглих територій, розташованих на них будівель, спрогнозувати можливий розвиток дефектів та пошкоджень і розробити компенсаційні заходи, що їх унеможливають. Умови ущільненої прилеглої забудови вимагають спеціальних заходів і проектних рішень, спрямованих на мінімізацію техногенного впливу будівництва на прилеглу забудову, об'єкти благоустрою, транспортні комунікації, життєдіяльність людей. Будівництво в умовах ущільненої забудови викликає низку додаткових ризиків, оскільки це індивідуальна сукупність ускладнень і нестандартних умов, яка може призвести до несприятливих або небезпечних ситуацій для прилеглих об'єктів існуючої забудови, навколишнього середовища, виробничого процесу, безпеки праці тощо. Ризики, що виникають, слід брати до уваги при підготовці та реалізації будівельного проекту.

Виклад основного матеріалу дослідження

Моніторинг є інструментом оперативного корегування виконання будівельних робіт і проводиться для забезпечення цілісності конструкцій прилеглої забудови. Основним завданням моніторингу є фіксація перевищень критеріїв безпечного ведення робіт при зведенні нової будівлі для забезпечення цілісності конструкцій будівель прилеглої забудови. Прогноз впливу нового будівництва є вихідною інформацією для виконання моніторингу технічного стану існуючих будівель прилеглої забудови. Він полягає в

аналітичних методах оцінки впливу із застосуванням математичного моделювання зміни напружено-деформованого стану ґрунтів в основі будівель і масиву, прилегло до будівництва.

Ступінь впливу будівництва нових будівель на розташовані поблизу будівлі і споруди [1] значною мірою обумовлюється технологією виконання робіт і послідовністю їх зведення. При розробці компенсаційних заходів, щодо впливу нового будівництва на прилеглу забудову слід враховувати зміни фізико-механічних властивостей ґрунтів і гідрогеологічних умов в процесі нового будівництва, в тому числі з урахуванням сезонного промерзання і відтавання ґрунтового масиву. У відповідності до [1] основними причинами деформацій існуючих будівель при будівництві поблизу них є наступні:

- зміна гідрогеологічних умов, в тому числі підтоплення, пов'язане з бражним ефектом при підземному будівництві, або зниження рівня підземних вод;
- збільшення вертикальних напружень в основі під фундаментами існуючих будівель, викликане будівництвом поблизу них;
- улаштування котлованів або зміна планувальних відміток;
- технологічні чинники, такі як динамічні дії, вплив улаштування: всіх видів палів, фундаментів глибокого закладення і огорожувальних конструкцій котлованів, ін'єкційних анкерів, спеціальних видів робіт (заморожування, ін'єкція та ін.);
- негативні процеси в ґрунтовому масиві, пов'язані з виконанням геотехнічних робіт (суфозійними процесами, виникнення пливунів та ін.).

В [2] для вибору вимірювальних параметрів та методів інструментального моніторингу наведено характеристики основних факторів природнього та техногенного впливу на експлуатаційну придатність будівель, споруд і території забудови, якими визначено підтоплення, зсуви, карст та вібрації. Фактори впливають на швидкість опускання ґрунту, що в свою чергу впливає на динаміку деформацій прилеглих будівель, яку прогнозують методами математичного моделювання. Швидкість опускання ґрунту визначають як відношення різниці абсолютних відміток точки між двома спостереженнями до інтервалу спостережень.

Для розробки інформаційної моделі впливу нового будівництва на експлуатаційну придатність бу-

дівель прилеглої забудови попередню зону впливу назначають із умови, що наведена на рис. 1 і встановлюють перелік об'єктів, які включають до розрахунку, що виконують, залежності від складності, як в ручному режимі так і із застосуванням програмних комплексів [4]. Ширина воронки осідання поблизу будинку, що споруджується, приблизно дорівнює сумарній товщині стиснутих шарів [3].

Розмір зони впливу нового будівництва на ґрунтову основу існуючої забудови є функцією від:

$$u = f(H_c, \Phi_{II}, E, P, S), \quad (1)$$

де: P – навантаження на ґрунтову основу від нового будівництва;

H_c – глибина стисливої зони ґрунтової основи від нового будівництва;

Φ_{II} – кут внутрішнього тертя ґрунтової основи;

E – модуль деформації ґрунтової основи;

S – осідання ґрунтової основи від нового будівництва.

За результатами розрахунків необхідно визначити максимальні осідання, просідання та відносну різницю (нерівномірність) осідань, як окремо для нового будівництва і оточуючих споруд, що знаходяться в зоні впливу нового будівництва, так і спільно для них, з врахуванням взаємовпливу та організаційно-технологічних факторів.

В основу розрахунку закладені наступні основні положення:

А) Осідання нової будівлі протягом будівництва та початкового періоду її експлуатації

$$S_{\text{нovoї буд.}} = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{zy,i}) \cdot h_i}{E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zy,i} \cdot h_i}{E_{e,i}} \quad (2),$$

де $S_{\text{нovoї буд.}}$ – осідання нової будівлі протягом будівництва та початкового періоду її експлуатації;

β – безрозмірний коефіцієнт, що дорівнює 0,8;

$\delta_{zp,i}$ – середнє значення вертикального нормального напруження від зовнішнього навантаження в i -му шарі ґрунту на вертикалі, що проходить через центр підшви фундаменту;

h_i – товщина i -го шару ґрунту, приймають не більше 0,4 ширини фундаменту;

n – кількість шарів, на які розділена товща основи, що стискається;

$\delta_{zy,i}$ – середнє значення вертикального напруження від власної ваги ґрунту, вийнятого з котловану, в i -му шарі ґрунту на вертикалі, що проходить через центр підшви, на глибині z від підшви фундаменту;

E_i – модуль деформації i -го шару ґрунту за гілкою первинного навантаження;

$E_{e,i}$ – модуль деформації i -го шару ґрунту за гілкою вторинного навантаження (модуль пружності);

E_i і $E_{e,i}$ визначаються в межах діючих навантажень від власної ваги ґрунту і будівлі.

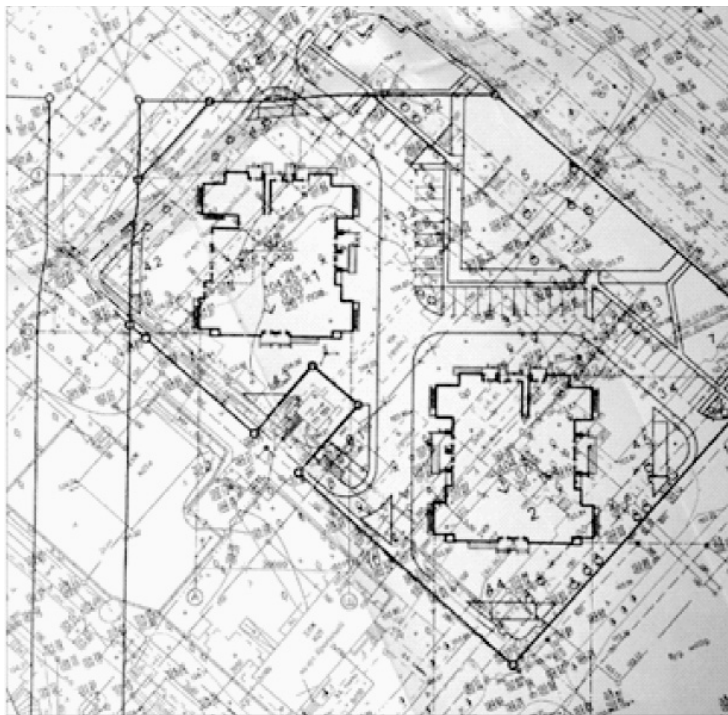
Б) Деформація основи, існуючих будівель, що закінчилася до початку нового будівництва

$$S_{\text{існуючої буд.}} = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{zy,i}) \cdot h_i}{E_i} + \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zy,i} \cdot h_i}{E_{e,i}} \quad (3)$$

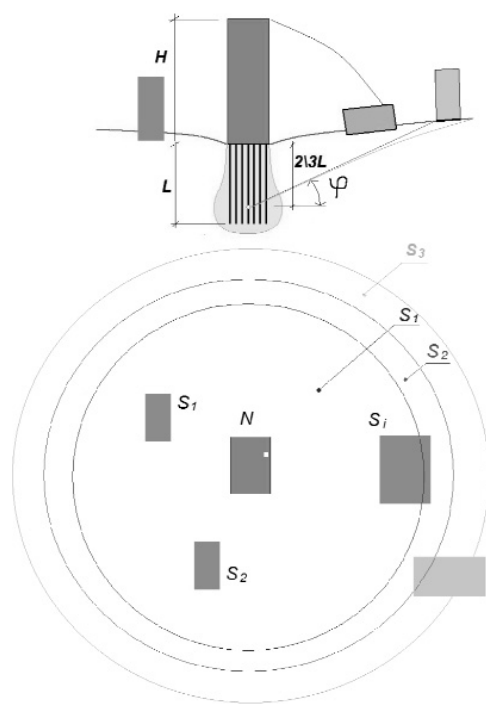
де $S_{\text{існуючої буд.}}$ – осідання існуючої будівлі що закінчилося до початку нового будівництва;

$\beta, \delta_{zp,i}, h_i, n, \delta_{zy,i}, E_i, E_{e,i}$ – те саме, що у залежності (2), тільки для існуючої прилеглої будівлі.

В) Розрахунок основи та фундаментів нового будівництва за деформаціями при будівництві поблизу існуючих будівель та споруд виконують виходячи з двох умов:



а



б

Рис. 1 Визначення зон впливу нового будівництва на існуючу забудову: а – на плані; б – на розрізі

$$S_{\text{існ.буд.}} + S_{\text{ad}} \leq S_{\text{u}}^{\text{заг}} \quad (4)$$

$$S_{\text{ad}} \leq S_{\text{ad, u}} \quad (5)$$

де $S_{\text{існ.буд.}}$ – деформація основи, існуючих будівель, що закінчилася до початку нового будівництва;

S_{ad} – додаткове осідання ґрунтової основи існуючих будівель від впливу нового будівництва;

$S_{\text{u}}^{\text{заг}}$ – граничне значення загальної деформації основи існуючих будівель;

$S_{\text{ad, u}}$ – граничне значення додаткового осідання ґрунтової основи існуючих будівель від впливу нового будівництва згідно табл. Б.1 додатку Б ДБН В.2.1-10:2018.

Додаткові осідання існуючого будинку враховують шляхом знаходження різниці між його власними осіданнями, без впливу нового будівництва, та осіданнями будинку з врахуванням його впливу. Розрахункові значення порівнюють із нормативними (максимально допустимими) значеннями цих величин відповідно до конструктивної схеми будинків за результатами обстеження їх технічного стану.

За результатами розрахунків визначають максимальні осідання та відносну різницю (нерівномірність) осідань як для нового будівництва так і для прилеглої забудови, що знаходяться в зоні його впливу. Розрахункові значення порівнюють із нормативними (максимально допустимими) значеннями цих величин згідно табл. Б.1 додатку Б ДБН В.2.1-

10:2018 відповідно до конструктивної схеми будинків за результатами обстеження їх технічного стану.

На основі порівняння розрахункових і нормативних значень виконуються коригування прийнятих проектних рішень, надаються відповідні рекомендації щодо проведення спостережень та моніторингу технічного стану існуючих споруд, а в разі необхідності, застосування запобіжних заходів, що знижують розвиток деформацій прилеглої забудови до величин, що виключають можливість виникнення пошкоджень її конструкції або погіршення умов експлуатації.

Г) Розрахунок деформацій основи та фундаментів прилеглої забудови та нового будівництва по мірі зведення об'єкта нового будівництва

У випадку підтвердження впливу нового будівництва на оточуючу забудову та неможливості повного його уникнення необхідно змоделювати напружено-деформований стан ґрунтової масиви з урахуванням швидкості прикладання навантаження на основу, тобто по мірі зведення будівлі.

Отримані проміжні результати розрахунку впливу дадуть можливість визначити динаміку осідань ґрунтової основи існуючої забудови по мірі зведення об'єкта нового будівництва.

$$\Delta S_{\text{ad}} \leq S_{\text{ad}}^{\text{i}} \quad (6)$$

де, ΔS_{ad} – приріст деформацій прилеглої будівлі на якомусь етапі виконання робіт;

S_{ad}^{i} – значення допустимого додаткового

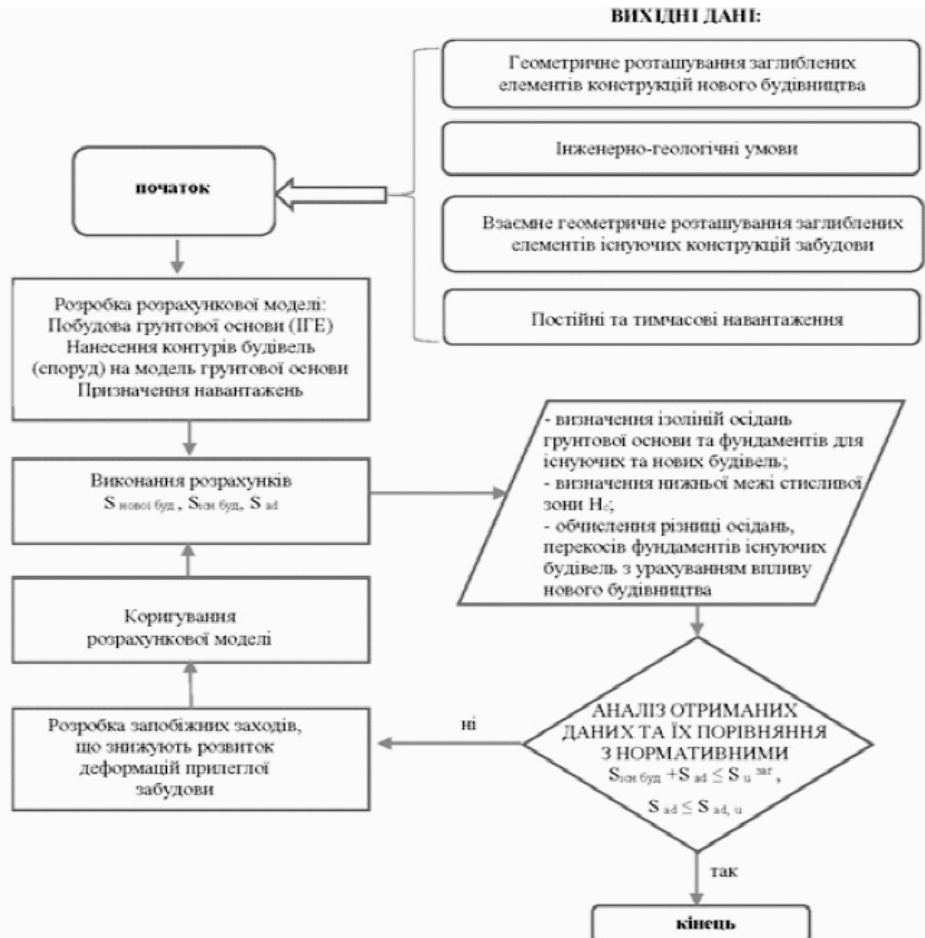


Рис. 2 Алгоритм визначення зони впливу нового будівництва на експлуатаційну придатність будівель прилеглої забудови

осідання, відносної різниці осідань або крену внаслідок впливу і-того техногенного фактору (водозниження, відкопування котловану; влаштування фундаментів та ін.).

На підставі вище викладеного можливо алгоритм визначення зони впливу нового будівництва представити у вигляді блок-схеми (рис.2).

Велика кількість існуючих прилеглих до нового будівництва будівель експлуатується досить довго, внаслідок чого вони піддалися фізичному і моральному зносу. Зношення та пошкодження несучих конструкцій, чи їх зв'язків і, як наслідок, зміна міцності, жорсткості елементів розрахункових схем призводять до зниження конструктивної безпеки споруди. Також слід враховувати той факт, що в таких будинках часто проводиться перепланування з метою поліпшення умов проживання, або в зв'язку зі зміною функціонального призначення приміщень. Протягом життєвого циклу будівлі інформація може змінюватися, доповнюватися і трансформуватися. Тому, особливої актуальності набуває використання уточненої просторової моделі для будівель, що експлуатуються поруч з об'єктом нового будівництва, коли визначальну роль в роботі будівлі грають його просторові деформації внаслідок впливів нерівномірно деформованої основи. В цьому випадку, уточнююча просторова модель має враховувати деформації будівлі від нерівномірних осідань основи, що відбуваються в експлуатаційній стадії, після накопичення осідань від експлуатаційного навантаження, початкової деформації конструкцій, обтиснення стиків і тощо. Тому під час прогнозування впливу нового будівництва на оточуючу забудову необхідно виконати просторовий розрахунок несучої здатності тривимірних моделей будівель з урахуванням наявності індивідуальних для кожної конкретної будівлі факторів, таких як технічний стан, наявність перепланування, зміни призначення приміщень, влаштування нових прорізів,

розширення або закладення існуючих, часткової зміни конструктивної схеми будівлі, прибудови, надбудови, влаштування нових конструктивних елементів (наприклад, балконів і лоджій, елементів посилення несучих конструкцій).

Наступним кроком розрахунку впливу є просторовий деформаційний розрахунок будівлі як системи "основа-фундамент – споруда". Метою розрахунку є забезпечення гарантій не перевищення того або іншого граничного стану конструкції у період експлуатації. Розрахунок несучої здатності на міцність застосовується для всіх конструкцій. На підставі основних вихідних даних (об'ємно-планувальні і конструктивні рішення; матеріали, що застосовані в конструкціях будівлі) та додаткових (результати обстежень; відомості про аварії, ремонти, перепланування тощо) формується просторова модель будинку. Потім задаються навантаження, а саме: навантаження від власної ваги будівлі, корисне навантаження на перекриття, навантаження від снігу на покриття, навантаження від вітру та ін. Уточнююча просторова модель будівлі, що знаходиться в зоні впливу нового будівництва представлено на блок-схемі на рис.3.

Зазвичай розвиток додаткових деформацій існуючих будівель відбувається поступово і залежить від швидкості навантаження ґрунтової основи, тобто темпів нового будівництва. Додаткове навантаження від нового будівництва вимагає компенсаційних заходів щодо усунення його негативного впливу на прилеглу забудову і територію.

Для оптимізації витрат на організаційно-технологічні заходи щодо унеможливлення, або зменшення негативного впливу нового будівництва на ущільнену забудову необхідно мати механізм вибору ефективного варіанту організації компенсаційних заходів, обсягів робіт, своєчасності та доцільності їх реалізації. Для цього необхідно своєчасно отримувати інформацію про стан існуючої забудови для оперативного



Рис. 3 Алгоритм уточнюючої просторової моделі розрахунку будівлі, що знаходиться в зоні впливу нового будівництва

прийняття рішень щодо забезпечення її експлуатаційної придатності. Таку інформацію можна отримувати за допомогою інструментального моніторингу протягом усього періоду будівництва.

До початку моніторингу необхідно мати інформацію щодо очікуваних деформацій основи та фундаментів прилеглої забудови та нового будівництва по мірі навантаження ґрунтової основи, тобто по мірі зведення об'єкта нового будівництва. У зв'язку з чим, розрахунок деформацій основи та фундаментів прилеглої забудови та нового будівництва протягом зведення об'єкта нового будівництва виконують з урахуванням наявності таких факторів впливу нового будівництва на оточуючу забудову:

- властивість основи сприймати навантаження;
- швидкість зведення поверхів;
- ущільненість існуючої забудови.

Розрахунки виконують для варіантів з врахування зміни значень:

– властивості основи сприймати навантаження, що впливає на обсяги робіт одного циклу вимірювань і залежить від кількості контрольованих точок, або інших параметрів в межах однієї будівлі прилеглої до нового будівництва (вплив на кількість циклів вимірювань властивість основи створює значно меншу);

– швидкості зведення поверхів нової будівлі, яка впливає на загальні обсяги вимірювальних робіт на об'єкті за рахунок кількості циклів вимірювань та їх періодичності протягом етапу будівництва нового

об'єкту, (вплив на кількість контрольованих точок швидкість зведення поверхів впливає менше);

– ущільненості існуючої забудови, яка впливає на загальні обсяги вимірювальних робіт на об'єкті за рахунок кількості прилеглих будівель, на які очікується вплив нового будівництва (на кількість циклів та контрольованих точок ущільненість існуючої забудови впливає менше).

В загальному випадку алгоритм розрахунку впливу нового будівництва на експлуатаційну придатність будівель прилеглої забудови можна представити за допомогою блок-схеми на рис. 4.

Висновки

1. Врахування синергетичного ефекту природних і техногенних факторів впливу нового будівництва та ущільненої забудови, що виникає протягом життєвого циклу прилеглих будівель, об'єктів будівництва та оточуючої їх території можливе за рахунок використання інформаційної моделі впливу нового будівництва на будівлі прилеглої забудови.

2. Для розробки інформаційної моделі впливу нового будівництва на експлуатаційну придатність будівель прилеглої забудови зону впливу назначають із умови, того що ширина воронки осідання будинку, що споруджується дорівнює сумарній товщині стиснутих шарів ґрунту основи і встановлюють перелік об'єктів, які включають до розрахунку зони впливу.

3. Просторова модель має враховувати деформації будівлі від нерівномірних осідань основи, що відбуваються в експлуатаційній стадії, після нако-



Рис. 4 Алгоритм розрахунку впливу нового будівництва на експлуатаційну придатність будівель прилеглої забудови

пичення осідань від експлуатаційного навантаження, початкової деформації конструкцій, обтиснення стиків і тощо.

4. Для розробки інформаційної моделі впливу нового будівництва на експлуатаційну придатність будівель прилеглої забудови необхідно мати базу даних щодо природних і техногенних факторів геодинамічних процесів, що виникають при новому будівництві та ступеню їх взаємовпливу, які формують з використанням даних отриманих методами інструментального моніторингу.

5. Моніторинг є інструментом оперативного

корегування виконання будівельних робіт і проводиться для забезпечення цілісності конструкцій прилеглої забудови. Основним завданням моніторингу є фіксація перевищень критеріїв безпечного ведення робіт при зведенні нової будівлі для забезпечення цілісності конструкцій будівель прилеглої забудови.

6. Прогноз впливу нового будівництва на об'єкти прилеглої забудови є вихідною інформацією для виконання моніторингу технічного стану існуючих будівель прилеглої забудови та територій для реалізації своєчасних заходів, щодо унеможливлення чи мінімізації такого впливу.

Література

1. *Пособие к МГСН 2.07-01 Основания, фундаменты и подземные сооружения*, Москва, 2004 г.
2. Григоровський П.Є *Будівельно-інформаційні моделі та методи формування організаційно-технологічних рішень інструментальних вимірювань в будівництві: монографія* — Київ: ЦП "Компринт", 2019 р. 340с.
3. Осипов О.Ф. *Систематизація факторів, що впливають на існуючі будинки при здійсненні нового будівництва в умовах щільної міської забудови. — Містобудування та територіальне планування, ..., с.324-339*
4. В.П. Максименко, к.т.н., О.В. Мурашова, Ю.В. Крошка *Оцінка впливу нового будівництва на навколишню забудову засобами ВІМ і результатами натурних спостережень: наук-техн. зб. Будівельне виробництво -Київ: Вид-во "Мастер-книг", 2019. ? Вип. 65.*

Reference

1. *IPSS Manual 2.07-01 Foundations, Foundations and Underground Structures*, Moscow, 2004
2. *Grigorovsky PE Building-information models and methods of formation of organizational and technological decisions of instrumental measurements in construction: monograph* — Kiev: CC "Comprint", 2019 340 p.
3. *Osipov OF Systematization of factors affecting existing buildings when implementing new construction in dense urban development. — Urban planning and territorial planning, ..., p.324-339*
4. *V.P. Maksimenko, Ph.D., OV Murasyova, Yu.V. Crumb Assessment of the impact of new construction on the surrounding development by means of PWM and the results of field observations: Sciences. Sat. Construction Production -Kyiv: Publishing House of Master Books, 2019. — Issue. 65.*

П.Є. Григоровський, д.т.н., с.н.с., ORCID: 0000-0003-0527-5890,
 Е.В. Мурашова, ORCID: 0000-0003-4995-3761,
 ГП "НІІСП", г. Київ

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ВЛИЯНИЯ НОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ ПРИГОДНОСТЬ ЗДАНИЙ ПРИЛЕГАЮЩЕЙ ЗАСТРОЙКИ

Аннотация. В статье рассмотрены основные причины деформаций существующих зданий при строительстве вблизи них и факторы природного и техногенного воздействия на их эксплуатационную пригодность. Приведены методы расчета влияния нового строительства на эксплуатационную пригодность зданий прилегающей застройки. Составлены алгоритмы разработки информационной модели расчета влияния нового строительства на эксплуатационную пригодность зданий прилегающей застройки.

Ключевые слова: уплотненная застройка, влияние нового строительства, информационные модели расчета, деформации, мониторинг

Р. Hryhorovskiy, ORCID: 0000-0003-0527-5890, О. Murasova, ORCID: 0000-0003-4995-3761,
 The state "Research institute of building production" (NDIBV), Kyiv

DEVELOPMENT OF INFORMATION MODEL OF INFLUENCE OF NEW BUILDING ON OPERATING FITNESS

Abstract. The article deals with the main causes of deformation of existing buildings during the construction of nearby buildings and the factors of natural and man-made influence on their serviceability. Methods for calculating the impact of new construction on the operational suitability of adjacent buildings are given. Algorithms for developing an information model for calculating the impact of new construction on the operational suitability of adjacent buildings have been elaborated.

Keywords: sealed building, influence of new building, information models of calculation, deformation, monitoring