

В.І. Козарь¹, С.П. Лашко¹, Н.П. Гальченко¹, Л.М. Казаченко²

¹Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Україна

²Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ БАЗИ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ МОНІТОРИНГУ ВІБРАЦІЙ У НАСЕЛЕНИХ ПУНКТАХ

Розглянуто проблему вібраційного забруднення території населених пунктів. Проаналізовано предметну сферу контролю вібраційної обстановки. Сформовано набори базових і тематичних геопросторових даних для систем геоінформаційного моніторингу вібрації у населених пунктах. Запропоновано варіант концептуальної моделі бази геопросторових даних.

Ключові слова: моніторинг, вібрація, геопросторові дані, концептуальна модель.

Постановка проблеми

Процеси урбанізації, які проявляються у збільшенні площ забудованих територій, забрудненні довкілля викидами промислових підприємств, зростанні транспортних навантажень, призводять до підвищення інтенсивності шкідливих або небезпечних техногенних впливів на людей і навколишнє середовище. Зокрема, зростання потужності технологічного устаткування підприємств, механізація виробничих процесів, збільшення кількості транспортних засобів призводять до підвищення рівнів впливу фізичних факторів і, зокрема вібрації. Під вібрацією розуміють механічні коливання твердих тіл. Вібрація може стати причиною пошкодження конструкцій будівель, знизивши їх експлуатаційну придатність, а коливання, що передаються тілу людини, за перевищення допустимих рівнів можуть мати несприятливий вплив на організм людини. Тому вібрацію у будівлях слід постійно або періодично контролювати, щоб визначити, наскільки вібраційні навантаження небезпечні для будівельних конструкцій і людей.

З метою відвернення чи зменшення шкідливого впливу вібрації необхідно здійснювати відповідні організаційні, технологічні, архітектурно-будівельні та інші заходи, розробка яких можлива лише на основі достовірної інформації про рівні вібрації, динаміку їх зміни, кількість населення, яке проживає на територіях, що піддаються впливу цього фізичного фактора. Основним джерелом такої інформації є моніторингові дані. Тому питання вдосконалення організації і функціонування системи моніторингу вібраційних впливів є актуальним.

Згідно з чинним законодавством України [1, 2] контроль за додержанням підприємствами, установами, організаціями та громадянами санітарного й екологічного законодавства, інших нормативно-

правових актів у сфері захисту населення від шкідливого впливу фізичних факторів, забезпечують органи виконавчої влади та місцевого самоврядування. Утім, чинні нормативні документи України [3] встановлюють методи вимірювання і настанови для оцінки вібрації в окремій будівлі чи приміщенні і не дозволяють оцінити вібраційну обстановку території загалом. Наявність просторової складової у даних про вібраційну ситуацію [4] вказує на доцільність проведення моніторингу вібрації із застосуванням геоінформаційних систем (ГІС), а одним із першочергових завдань при створенні будь-якої ГІС є розробка моделі даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Вивченню впливу вібрацій на людину і середовище її існування присвячені праці вчених у різних галузях науки.

Дослідження останніх десятиліть щодо впливу фізичних факторів на здоров'я населення [5–8] показали, що вібрація, як загальнобіологічний подразник, негативно впливає на самопочуття людей, комфорт при перебуванні людей у житлових і громадських будівлях, підвищує неспецифічну захворюваність. Завдяки цим дослідженням уточнені гігієнічні аспекти фізичних факторів, вдосконалено методологічну та методичну базу нормування фізичних факторів, сформовано рекомендації щодо планування та благоустрою поселень з урахуванням дії фізичних факторів, проаналізовано проблеми боротьби із шумом і вібрацією.

Значний обсяг досліджень вібраційних впливів проведений у сфері екологічної безпеки. Дослідники-екологи вивчали вібраційні забруднення окремих компонентів урбосистем [9, 10], вплив різних джерел вібрацій [11–13], техногенної сейсмічності [14] на екологічну безпеку територій тощо.

Вивчення впливу вібрацій на конструкції будівель і споруд дозволило удосконалити методи їх розрахунку на дію динамічних впливів (удари, вибухи тощо) [15–17], встановити параметри динамічної взаємодії будівель з основою [18] і параметри промислової сейсміки [19], оцінити рівень коливань, генерованих рухом різних видів транспорту [20–22], сформулювати принципи забезпечення надійності будівель і споруд у сейсмічних районах [23, 24], запропонувати системи сейсмоізоляції будівель і споруд [25, 26].

Завдяки проведеним дослідженням було сформовано основні теоретичні і методологічні положення щодо оцінки впливу вібрацій на людину та навколишнє середовище, розроблено методи вимірювання і розрахунків числових характеристик вібрації. Утім, аналіз опублікованих робіт показав, що недостатньо уваги приділено проблемам моніторингу вібраційних впливів на територіях населених пунктів. Крім цього, питання вібробезпеки поселень недостатньо вкормовані. Зокрема, не розроблені науково обґрунтовані вимоги до нормування вібраційних навантажень від мікросейсмічного фону, не визначені стандартизовані формати збереження результатів спостережень у базах даних. Це стримує процес впровадження геоінформаційних технологій у сфері контролю вібрацій на території поселень. Усе наведене вище свідчить про доцільність моделювання і проектування геоінформаційних систем для моніторингу вібрацій.

Мета статті

Метою статті є опис результатів аналізу предметної сфери та концептуального моделювання бази даних системи моніторингу вібраційної ситуації на територіях населених пунктів з урахуванням вимог чинних в Україні законів, міжнародних стандартів та інших нормативних актів.

Виклад основного матеріалу

Першим етапом розроблення моделі геопросторових даних є концептуальне моделювання. Концептуальна модель – це формальне подання проблемної сфери на поняттєвому рівні. Згідно з рекомендаціями серії міжнародних стандартів ISO 19100 «Географічна інформація / геоматика» на концептуальному рівні інформацію описують з використанням нотацій уніфікованої мови моделювання UML на множині класів об'єктів [27]. При цьому визначають логічну структуру бази даних: сутності, їх атрибути, зв'язки.

Систему моніторингу вібрації на території населеного пункту створюють з метою організації спостережень, які забезпечать достовірну інформа-

цію про джерела виникнення вібрації, рівні вібрації, динаміку їх зміни і кількість населення, яке проживає на територіях, що піддаються впливу цього фізичного фактора.

Сучасний населений пункт можна подати як складну систему, утворену множиною взаємозв'язаних антропогенних (будівлі, споруди, вулиці, інженерні комунікації тощо) та природних елементів технічно освоєних територій. Разом вони формують середовище життєдіяльності людей. З позицій організації вібраційного моніторингу одні компоненти цієї системи належать до категорії об'єктів, для яких необхідно вживати заходи щодо недопущення перевищень рівнів впливу шкідливих фізичних факторів, інші компоненти – до категорії об'єктів, що є джерелами вібраційних впливів, а деякі об'єкти належать до обох вказаних категорій.

Об'єкти та території, на яких необхідно вживати заходів щодо недопущення впродовж доби перевищень встановлених санітарними нормами рівнів впливу шуму, неіонізуючих випромінювань та інших фізичних факторів (захищені об'єкти), чітко визначені нормативно-правовими актами України в галузі охорони довкілля та екологічної безпеки. До цієї категорії об'єктів належать [2]:

- житлові будинки та прибудинкові території;
- лікувальні, санаторно-курортні заклади, будинки-інтернати, заклади освіти, культури;
- готелі та гуртожитки;
- заклади громадського харчування, торгівлі, побутового обслуговування, розважального та грального бізнесу;
- інші будівлі та споруди, у яких постійно чи тимчасово перебувають люди;
- парки, сквери, зони відпочинку, розташовані на території мікрорайонів і груп житлових будинків.

У процесі експлуатації на ці об'єкти можуть впливати вібрації як природного (пов'язаної з такими явищами, як вітер або землетрус), так і техногенного (рух транспорту, будівельні роботи) походження. Вібрації природної та техногенної природи розрізняються за своїм характером. Вібрація від природних джерел, як правило, характеризується нижчими частотами, високою потужністю в джерелі і поширюється на більші відстані. Така вібрація може викликати значні пошкодження будівель. Тому в місцях постійної або очікуваної дії джерел вібрації природного походження (зокрема, у сейсмонезбезпечних районах) здійснюють оперативний контроль за сейсмічним станом та іншими геофізичними явищами [28], а до конструкції будівель пред'являють спеціальні вимоги. Дослідження впливу вібрації техногенного походження проводять лише у тих випадках, коли є підстави припускати, що цей вплив може призвести до пошкодження конструкції чи погіршення самопочуття людей.

За способом передачі на людину вібрація підрозділяється на загальну, що передається через опорні поверхні на тіло людини, яка стоїть, сидить або лежить, і локальну, що передається через руки людини. У приміщеннях будівель, які належать до категорії захищених об'єктів, переважно поширення мають загальні вібраційні впливи.

Джерела виникнення загальної вібрації у приміщеннях будівель можуть бути зовнішніми і внутрішніми.

До зовнішніх джерел належать:

- міський рейковий транспорт (трамвай, залізничний транспорт, лінії метрополітену тощо);
- автотранспорт;
- промислові підприємства і пересувні промислові установки (гідравлічне і механічне пресове обладнання, стругальні, вирубні та інші металообробні механізми, поршневі компресори, дробарки, будівельні машини тощо);

Внутрішньобудинковими джерелами вібрації є:

- інженерно-технічне обладнання будівель (ліфти, вентиляційні та насосні системи тощо);
- вбудовані підприємства торгівлі (холодильне обладнання), підприємства комунально-побутового обслуговування, котельні тощо.

Згідно з чинними нормами (ДСТУ ISO 2631-1:2004, ДСТУ ISO 2631-2:2004) основний метод оцінювання рівня вібрації передбачає вимірювання зваженого середньоквадратичного значення віброприскорення. Для отримання цього значення можна використовувати подання сигналу вібрації як у часовій, так і у частотній областях. У часовій області формула розрахунку має вигляд:

$$a_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{1/2}$$

де $a_w(t)$ – зважене значення поступального (обертального) віброприскорення як функція часу, м/с² (рад/с²);

T – тривалість вимірювання, с.

Значення віброприскорення безпосередньо вимірюються із застосуванням приладів (віброметрів), оснащених відповідною частотною корекцією, або розраховується на підставі вимірів у певному числі октавних смуг за методикою, наведеною в нормативних документах. Вибір базових точок для вимірювання віброприскорення та попередню оцінку вібраційної ситуації можна здійснювати за планово-картографічними матеріалами, на яких позначені основні джерела вібрації та їх буферні зони. Розмір буферних зон залежить від типу джерела вібрації [29].

Проведений аналіз засвідчив, що геопросторові дані у системах моніторингу території населеного пункту є багатогалузевими і досить складними. База даних для великого міста може містити дані про сотні тисяч об'єктів і явищ, які повинні бути прив'язані до єдиної цифрової картографічної основи. Для ефективної обробки такої складної продукції необхідна відповідна інфраструктура просторових даних, яку узагальнено можна подати як сукупність інституційних основ, базових наборів просторових даних, стандартів і технологічної бази для організації обробки даних [30]. Відповідно до цього моделювання системи ГІС-моніторингу вібраційних впливів доцільно проводити як складову інфраструктури геопросторових даних місцевого рівня.

Базовий набір просторових даних ГІС-моніторингу вібраційних впливів сформовано з позицій мінімізації обсягу бази даних. До нього входять відомості про об'єкти, які є важливими для контролю вібраційної обстановки на території більшості міст України: земельні ділянки, будівлі, вулиці, інженерні комунікації, залізниці, автошляхи, гідрографію, рельєф, ґрунтовий покрив, зонування території. Для підтримки геокодування, редагування та перевірки адресних даних введено клас «Адреса». Набір базових просторових даних може бути розширений залежно від специфіки конкретного населеного пункту, наприклад, шляхом додавання даних про метрополітен для міст Києва, Харкова і Дніпра.

До набору тематичних геопросторових даних пропонується включити відомості про джерела та зони поширення вібраційних забруднень, контрольні точки і результати вимірювання рівнів вібрації, наявні засоби віброзахисту, об'єкти, на яких проводять вибухові чи будівельні роботи.

За результатами аналізу предметної області засобами UML була складена концептуальна схема бази геопросторових даних (рис. 1). Просторова локалізація об'єктів відображена на UML-діаграмі відповідними піктограмами. Проект моделі даних є адаптивним. Модель може бути легко пристосована до інших місцевих або регіональних вимог шляхом зміни або додавання нових елементів.

Висновки

Геоінформаційні системи є ефективним засобом контролю вібраційної обстановки на території населених пунктів.

За результатами аналізу предметної сфери визначено основні класи об'єктів, їх атрибути та розроблено варіант концептуальної моделі бази просторових даних ГІС-моніторингу вібраційних забруднень на територіях населених пунктів.

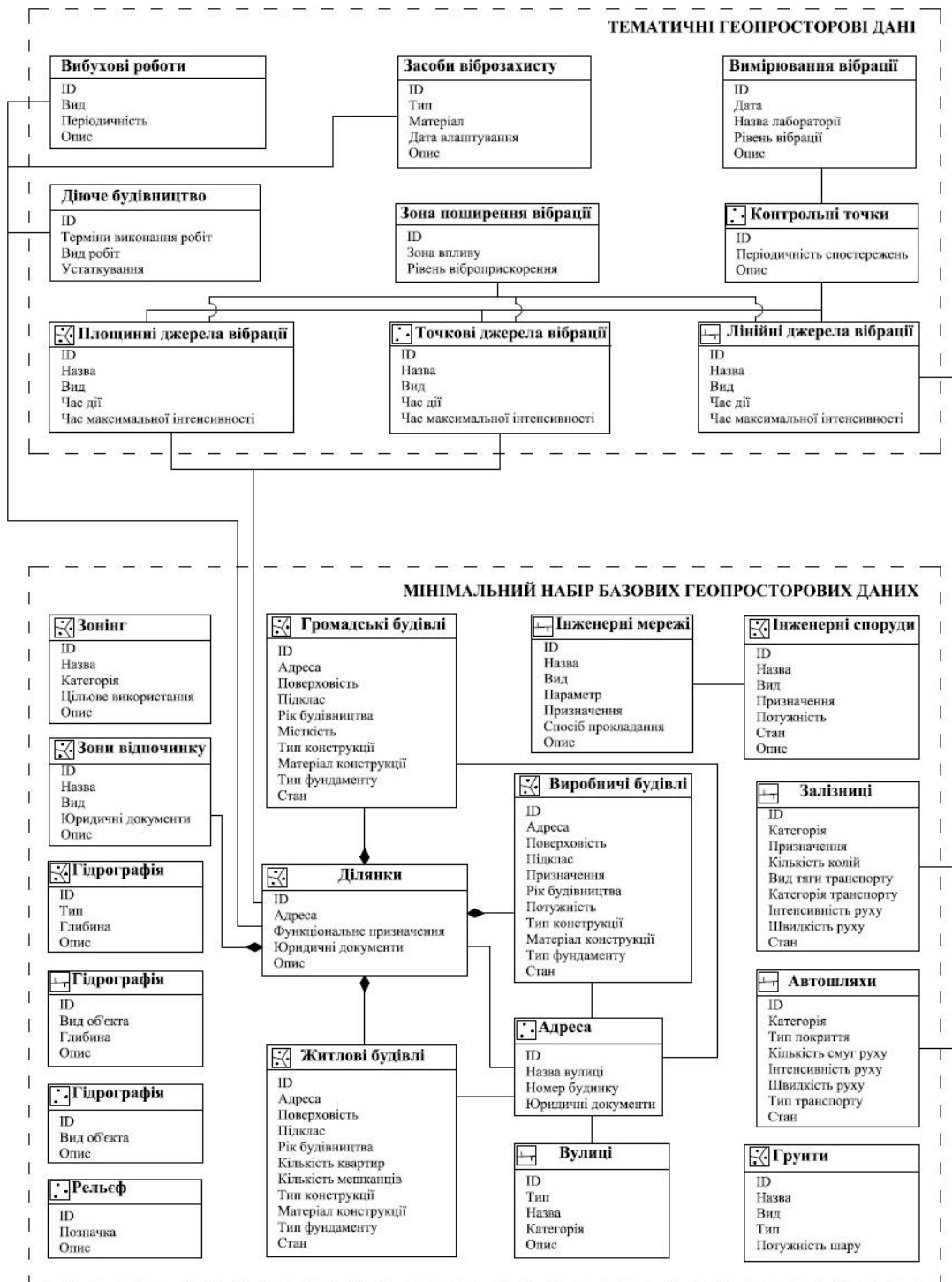


Рис. 1. UML-діаграма концептуальної моделі бази геопросторових даних моніторингу вібраційних впливів на територіях населених пунктів

Запропонована концептуальна модель може бути взята за основу для наступних етапів проєктування ГІС.

Література

1 Про охорону навколишнього природного середовища. Закон України від 25.06.1991 № 1264-ХІІ. Дата оновлення: 01.01.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 10.08.2021).

2. Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення. Закон України від 24.02.1994 № 4004-ХІІ. Дата оновлення: 14.01.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text> (дата звернення: 10.08.2021).

3. Козарь В., Козарь Л. Щодо питання нормування вібраційних впливів на конструкції будівель і споруд в Україні. Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землепорядкування – Європейський досвід : зб. наукових праць ІХ міжнар. наук.-практ. конф. Чернігів: Вид-во ПАТ «ПВК «Десна», 2013. С. 196–203.

4. Козарь В.І., Козарь Л.М. Щодо доцільності проведення ГІС-моніторингу вібраційних впливів. Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція з міжнародною участю «Ресурсозберігаючі технології в проектуванні, землевпорядкуванні та будівництві»: матеріали конференції. Кременчук: КрНУ, 2017. С. 268–273.
5. Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (шості марзєєвські читання). Вип. 10. Київ, 2010. 297 с.
6. Anelise Sonza, Caroline C. Robinson, Matilde Achaval, Milton A. Zaro. Whole Body Vibration at Different Exposure Frequencies: Infrared Thermography and Physiological Effects. *The Scientific World Journal*, vol. 2015, Article ID 452657, 10 pages, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/452657>
7. Ruo-xun Fan, Jie Liu, Yong-li Li, Jun Liu, Jia-zi Gao. Finite Element Investigation of the Effects of the Low-Frequency Vibration Generated by Vehicle Driving on the Human Lumbar Mechanical Properties. *BioMed Research International*, vol. 2018, Article ID 7962414, 9 pages, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/7962414>
8. Фізичні фактори довкілля та їх вплив на формування здоров'я населення України : зб. тез доп. наук.-практ. конф. (шістнадцяті марзєєвські читання). Вип. 20. Київ: «Рекламне агентство TR Studio», 2020. 244 с.
9. Коніцула Т. Я. Вплив геоекологічних факторів на стан довкілля урбанізованих територій (на прикладі Шевченківського району м. Києва) : автореферат дис. ... канд. геол. наук : 21.06.01. Ін-т геохімії навколиш. середовища НАН та МНС України. Київ, 2008. 20 с.
10. Руденко С.В. Екологічна безпека техногенно навантажених урбанізованих екосистем : автореф. дис... д-ра техн. наук : 21.06.01. Нац. ун-т кораблебуд. ім. адмірала Макарова. Миколаїв, 2007. 35 с.
11. Бредун В.І. Вплив кар'єрних вибухів на об'єкти селітебної забудови та населення : наук. журнал «Екологічна безпека». Кременчук: КДПУ, 2009. Вип.4(8). С. 70–76.
12. Shigenori Yokoshima, Takashi Morihara, Tetsumi Sato, Takashi Yano. Combined Effects of High-Speed Railway Noise and Ground Vibrations on Annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2017, vol. 14(8), 845. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph14080845>
13. Адаменко Я.О. Оцінка впливів техногенно небезпечних об'єктів на навколишнє середовище: науково-теоретичні основи, практична реалізація : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 21.06.01 «Екологічна безпека». Івано-Франків. нац. техн. ун-т. нафти і газу. Івано-Франківськ, 2006. 39 с.
14. Серікова О.М., Стрельнікова О.О., Крютченко Д.В. Вплив природно-техногенних землетрусів на екологічно небезпечні об'єкти : збірник наукових праць XVIII Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки» (6-8 жовтня 2020 р.), Кременчук, 2020. С. 89–91.
15. Динамический расчет зданий и сооружений : справочник проектировщика / М.Ф. Барштейн, В.А. Ильичев, Б.Г. Корнев и др. ; Под ред. Б.Г. Корнева, И.М. Рабиновича. Москва : Стройиздат, 1984. 303 с.
16. Gorodetsky, A., Genzersky, Y. (2019). Різні підходи до розрахунку конструкцій на динамічні впливи. *Наука та будівництво*, 21(3), 35–41. DOI: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v21i3.112>
17. Flavio Stochino, Chiara Bedon, Juan Sagaseta, Daniel Nonfi. Robustness and Resilience of Structures under Extreme Loads, *Advances in Civil Engineering*, vol. 2019, Article ID 4291703, 14 pages, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/4291703>
18. Маценко А.М. Взаємодія будівель і споруд з ґрунтовою основою при динамічних та сейсмічних впливах : автореф. дис... канд. техн. наук : 05.23.01. Державний НДІ будівельних конструкцій (НДІБК). Київ, 2001. 17 с.
19. Ремез Н.С. Взаємодія вибухових хвиль з ґрунтами і елементам техноурбоєкосистем. Київ: Центр учбової літератури, 2019. 335 с.
20. Петренко О.К. Науково-технічні засади нормування рівнів шуму та вібрації транспортних засобів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.01.02. Національний університет «Львівська політехніка». Львів, 2013. 23 с.
21. Башинський Я.В. Вплив динамічних навантажень метрополітену на напружено-деформований стан конструкцій будівель та споруд : автореф. дис... канд. техн. наук : 05.23.01. Національний авіаційний університет. Київ, 2019. 22 с.
22. Qiang Huang, Pan Li, Dongming Zhang, Hongwei Huang, Feng Zhang. Field Measurement and Numerical Simulation of Train-Induced Vibration from a Metro Tunnel in Soft Deposits. *Advances in Civil Engineering*, vol. 2021, Article ID 6688746, 20 pages, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6688746>
23. Егунов В.К. Методи оцінки сейсмостійкості будівель та споруд впливах : автореф. дис ... канд. техн. наук : спец. 05.23.01. Одес. держ. акад. буд-ва та архітектури. Одеса, 2020. 23 с.
24. Якушев Д.І. Розрахункові моделі конструкцій будівель та споруд при динамічних впливах : автореф. дис ... канд. техн. наук : спец. 05.23.01. Одеський національний морський університет, Одеса, 2018. 23 с.
25. Булат А.Ф., Дырда В.И., Лисица Н.И., Марьенков Н.Г., Агальцов Г.Н. Вибросейсмозащита тяжёлых машин, зданий и сооружений с помощью резинометаллических блоков. Автоматизация виробн. процесів у машинобуд. та приладобудуванні : укр. міжвід. наук.-техн. зб. Львів: Нац. ун-т «Львів. політехніка», 2011, Вип. 45. С. 460–464.
26. Fernando Saitta, Paolo Clemente, Giacomo Buffarini, Giovanni Bongiovanni, Antonello Salvatori, Cristian Grossi. Base Isolation of Buildings with Curved Surface Sliders: Basic Design Criteria and Critical Issues. *Advances in Civil Engineering*, vol. 2018, Article ID 1569683, 14 pages, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/1569683>
27. Ляценко А.А. Концептуальне моделювання геоінформаційних систем. Вісник геодезії та картографії. 2002. №4 (27). С. 44–50.
28. Про створення національної системи сейсмічних спостережень та підвищення безпеки проживання населення у сейсмонебезпечних регіонах. Постанова Кабінету Міністрів України від 11.09.1995 № 728. Дата оновлення: 06.09.2011. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/728-95-n#Text> (дата звернення: 11.08.2021).
29. Порядок внедрения мониторинга шума и вибрации в населенных местах республики / Худницький С.И., Запорожченко А.А., Соловьева И.В., Быкова Н.П., Кириленко А.Т., Френкель Е.И., Зенькевич В.В., Голуб В.С.,

Федоров Ю.Е., Филонов В.П. Минск: Научно-исследовательский институт санитарии и гигиены Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 2001. 24 с. URL: <http://med.by/methods/pdf/28-0101.pdf> (дата звернення: 12.08.2021).

30. Про національну інфраструктуру геопросторових даних. Закон України від 13.04.2020 № 554-IX. Дата оновлення: 20.08.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text> (дата звернення: 21.08.2021).

References

1. On environmental protection. Law of Ukraine № 1264-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>. (1991).
2. On ensuring the sanitary and epidemic well-being of the population. Law of Ukraine № 4004-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4004-12#Text> (1994).
3. Kozar V., Kozar L. (2013). On the issue of standardization of vibration effects on the structures of buildings and structures in Ukraine, IX International Scientific and Practical Conference «The latest achievements of geodesy, geoinformatics and land management - European experience». Chernihiv: PVK «Desna», 196–203
4. Kozar V.I., Kozar L.M. (2017). On the feasibility of conducting GIS monitoring of vibration effects, All-Ukrainian scientific-practical Internet conference with international participation «Resource-saving technologies in design, land management and construction». Kremenchuk : Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. 268–273.
5. Current issues of hygiene and environmental safety of Ukraine. (2010). Scientific-practical conference (sixth Marseille readings). Kyiv. 297 p.
6. Anelise Souza, Caroline C. Robinson, Matilde Achaval, Milton A. Zaro. (2015). Whole Body Vibration at Different Exposure Frequencies: Infrared Thermography and Physiological Effects. The Scientific World Journal. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/452657>
7. Ruo-xun Fan, Jie Liu, Yong-li Li, Jun Liu, Jia-zi Gao. (2018). Finite Element Investigation of the Effects of the Low-Frequency Vibration Generated by Vehicle Driving on the Human Lumbar Mechanical Properties. BioMed Research International. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/7962414>
8. Physical environmental factors and their impact on the health of the population of Ukraine. (2020). Scientific-practical conference (sixteenth Marseille readings). Kyiv, «Advertising agency TR Studio». 244 p.
9. Konitsula T. Ya. (2008). Influence of geoeological factors on the state of the environment of urbanized territories (on the example of Shevchenkivskyi district of Kyiv. (Dissertation abstract). Institute of Geochemistry around. environment of the National Academy of Sciences and the Ministry of Emergencies of Ukraine. Kyiv.
10. Rudenko S.V. (2007). Ecological safety of technogenic loaded urban ecosystems. (Dissertation abstract). Admiral Makarov National University of Shipbuilding. Mykolayiv.
11. Bredun V.I. (2009). Impact of quarry explosions on residential buildings and the population. Scientific journal «Environmental Safety», 4(8), 70–76.
12. Shigenori Yokoshima, Takashi Morihara, Tetsumi Sato, Takashi Yano. Combined Effects of High-Speed Railway Noise and Ground Vibrations on Annoyance. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2017, vol. 14(8), 845. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph14080845>
13. Adamenko Ya.O. (2006) Estimation of influences of technogenic dangerous objects on environment: scientific and theoretical bases, practical realization. (Dissertation abstract). Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. Ivano-Frankivsk.
14. Sierikova O.M., Strelnikova O.O., Kriutchenko D.V. (2020). Impact of natural and man-made earthquakes on ecologically dangerous objects. XVIII International Scientific and Technical Conference «Problems of Environmental Safety». Kremenchuk.
15. B.H. Korenev, Y.M. Rabynovych. (Eds). (1984). Dynamic calculation of buildings and structures: a designer's guide. Moscow: Stroyizdat.
16. Gorodetsky, A., Genzersky, Y. (2019). Different approaches to the calculation of structures for dynamic effects. Science and construction, 21(3), 35–41. DOI: <https://doi.org/10.33644/scienceandconstruction.v21i3.112>
17. Flavio Stochino, Chiara Bedon, Juan Sagaseta, Daniel Honfi. (2019). Robustness and Resilience of Structures under Extreme Loads, Advances in Civil Engineering. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/4291703>
18. Matsenko A.M. (2001). Interaction of buildings and structures with soil base under dynamic and seismic influences. (Dissertation abstract). State Research Institute of Building Structures. Kyiv.
19. Remez N.S. (2019). Interaction of blast waves with soils and elements of technobiosystems. Kyiv: Center for Educational Literature.
20. Petrenko O.K. (2013). Scientific and technical principles of normalization of noise and vibration levels of vehicles. (Dissertation abstract). Lviv Polytechnic National University. Lviv.
21. Bashynskiy Ya.V. (2019). Influence of dynamic subway loads on the stress-strain state of structures of buildings and structures. (Dissertation abstract). National Aviation University. Kiev.
22. Qiang Huang, Pan Li, Dongming Zhang, Hongwei Huang, Feng Zhang. (2021). Field Measurement and Numerical Simulation of Train-Induced Vibration from a Metro Tunnel in Soft Deposits. Advances in Civil Engineering. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6688746>
23. Ehupov V.K. (2020). Methods for assessing the seismic resistance of buildings and structures to impacts. (Dissertation abstract). Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Odessa.
24. Yakushev D.I. (2018). Calculated models of structures of buildings and structures under dynamic influences. (Dissertation abstract). Odessa National Maritime University, Odessa.
25. Bulat A.F., Дырда V.Y., Lysytsa N.Y., Marenkov N.H., Ahaltsov H.N. (2011). Vibration seismic protection of heavy machines, buildings and structures using rubber-metal blocks. Production automation processes in mechanical engineering and instrumentation, 45, 460–464.
26. Fernando Saitta, Paolo Clemente, Giacomo Buffarini, Giovanni Bongiovanni, Antonello Salvatori, Cristian Grossi. (2018). Base Isolation of Buildings with Curved Surface Sliders: Basic Design Criteria and Critical Issues. DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/1569683>
27. Liashchenko A.A. (2002). Conceptual modeling of

geographic information systems. Bulletin of Geodesy and Cartography, №4 (27), 44–50.

28. About creation of the national system of seismic supervision and increase of safety of living of the population in seismically dangerous regions. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 728. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/728-95-п#Text> (1995).

29. Khudnytskyi S.Y., Zaporozhchenko A.A., Soloveva Y.V., Bykova N.P., Kyrylenko A.T., Frenkel E.Y., Fylonov V.P. (2001). The procedure for introducing noise and vibration monitoring in populated areas of the republic. Minsk: Research Institute of Sanitation and Hygiene of the Ministry of Health of the Republic of Belarus. URL: <http://med.by/methods/pdf/28-0101.pdf>

30. About the national infrastructure of geospatial data. Law of Ukraine № 554-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/554-20#Text> (2020).

Рецензент: д-р техн. наук, професор С.В. Сукач, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Україна.

Автор: КОЗАРЬ Валентин Іванович
кандидат технічних наук, доцент
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
E-mail – v.kozar@meta.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4084-3507>

Автор: ЛАШКО Сергій Петрович
кандидат геологічних наук, доцент
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
E-mail – lashkos@sat.poltava.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9146-5687>

Автор: ГАЛЬЧЕНКО Надія Павлівна
кандидат біологічних наук, доцент
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
E-mail – nadinGal9@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2659-177X>

Автор: КАЗАЧЕНКО Людмила Михайлівна
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – fop.kazachenko@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5821-7585>

MODELING OF THE GEOSPATIAL DATABASE FOR VIBRATION MONITORING IN SETTLEMENTS

V. Kozar¹, S. Lashko¹, N. Halchenko¹, L. Kazachenko²

¹Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Ukraine

²Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

The processes of urbanization lead to increased levels of influence of physical factors and, in particular, vibration. Vibration can damage buildings and have an adverse effect on the human body. Therefore, the issues of improving vibration monitoring systems are relevant. The presence of a spatial component in the data on the vibration situation indicates the feasibility of using geographic information systems in this area.

The works of scientists in various fields of science are devoted to the study of the influence of vibrations on human beings and their environment. In existing studies the basic methodological principles for assessing the impact of vibration on people and environment were defined and methods for estimating vibration levels were developed. However, insufficient attention to the problems of vibration monitoring in the settlements is paid.

The modern settlement can be described as a complex system formed by many interconnected anthropogenic and natural elements of the territories. Some components of this system belong to the category of objects that need to be protected from vibration, others are sources of vibration, and some belong to both categories. Facilities that require measures to protect against vibration include residential and public buildings, residential areas, parks, squares, recreation areas. Sources of vibration in buildings include: transport, industrial enterprises and installations, engineering equipment of buildings, built-in enterprises of trade, consumer services, etc.

Geospatial data in the monitoring systems of the territory of the settlement is multisectoral and complex. Appropriate spatial data infrastructure is required for their efficient processing. Modeling of vibration monitoring system should be performed as part of the infrastructure of geospatial data at the local level. The basic set of spatial data for vibration monitoring included data on land plots, buildings, streets, utilities, railways, highways, hydrography, relief, soils, zoning. The «Address» class has been introduced to support address data. The set of thematic geospatial data includes information on the sources and areas of vibration pollution, control points and results of vibration levels, vibration protection devices, objects on which blasting or construction works are carried out. Based on the results of the analysis, a conceptual scheme of the geospatial database was developed. The proposed model can be the basis for designing the next stages of geographic information system for monitoring vibration.

Keywords: monitoring, vibration, geospatial data, conceptual model.