

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-60-25>

УДК 004.42:378

Петренко Сергій Вікторович, к.п.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-5311-0743>

Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне, Україна

ПРОЄКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ОСВІТНІХ ПРОЦЕСІВ ЗВО

Петренко С. В. Проєктування інформаційної системи підтримки освітніх процесів ЗВО. У статті досліджуються актуальні питання проєктування сучасної інформаційної системи, призначеної для ефективного підтримки освітніх процесів у закладах вищої освіти (ЗВО). В умовах посилення цифровізації освітнього середовища, постійного розвитку інформаційної інфраструктури та зростання вимог до прозорості й оперативності управління освітньою діяльністю, важливого значення набуває побудова гнучких і масштабованих інформаційних платформ. Автором здійснено аналіз існуючих підходів до організації інформаційних систем у вищій освіті, на основі якого запропоновано модель, що базується на принципах предметно-орієнтованого проєктування (Domain-Driven Design, DDD). Запропонована модель дає можливість чітко структурувати освітні процеси, відобразити внутрішню логіку діяльності закладу та забезпечити зручну взаємодію між різними категоріями користувачів. Визначено основні компоненти запропонованої інформаційної системи: модулі управління контингентом здобувачів освіти, адміністрування навчальних планів і програм, модуль оцінювання та формування офіційних документів (зокрема додатків до дипломів). Особливий акцент зроблено на забезпеченні високого рівня інформаційної безпеки та захисту персональних даних шляхом централізованої авторизації на основі протоколу OAuth2 і застосування JWT-токенів. Крім цього, описано переваги мікросервісної архітектури системи, яка передбачає використання окремих баз даних для кожного модуля, що забезпечує незалежність компонентів, простоту їх масштабування та ефективну підтримку системи загалом. Автор окреслює перспективи подальшого розвитку інформаційної системи за рахунок інтеграції додаткових сервісів, використання аналітики та інтелектуальних систем, що дасть змогу значно розширити функціональні можливості й підвищити якість управлінських рішень у ЗВО.

Ключові слова: вища освіта, інформаційна система, Domain-Driven Design, діджиталізація, освітні процеси, мікросервіси.

Petrenko S. Design of an Information System for Supporting Educational Processes in Higher Education Institutions. The article explores topical issues of designing a modern information system designed to effectively support educational processes in higher education institutions (HEIs). In the context of increasing digitalization of the educational environment, continuous development of information infrastructure, and growing requirements for transparency and efficiency of educational management, the construction of flexible and scalable information platforms is becoming increasingly important. The author analyzes existing approaches to the organization of information systems in higher education and proposes a model based on the principles of Domain-Driven Design (DDD). The proposed model allows to clearly structure educational processes, reflect the internal logic of the institution's activities and ensure convenient interaction between different categories of users. The main components of the proposed information system are identified: modules for managing the contingent of students, administering curricula and programs, an evaluation module and the formation of official documents (including diploma supplements). Particular emphasis is placed on ensuring a high level of information security and protection of personal data through centralized authorization based on the OAuth2 protocol and the use of JWT tokens. In addition, the advantages of the microservice architecture of the system are described, which involves the use of separate databases for each module, which ensures the independence of components, ease of scaling and effective support of the system as a whole. The author outlines the prospects for further development of the information system through the integration of additional services, the use of analytics and intelligent systems, which will significantly expand the functionality and improve the quality of management decisions in higher education institutions.

Keywords: higher education, information system, Domain-Driven Design, digitalization, educational processes, microservices.

Постановка задачі. У контексті глибокої цифровізації освітнього простору, що супроводжується розвитком інформаційної інфраструктури та вимогами до прозорості освітньої діяльності, зростає потреба у побудові ефективних інформаційних систем управління освітніми процесами в закладах вищої освіти (ЗВО). Сучасний ЗВО виконує не лише навчальну функцію, а й аналітичну, організаційну, адміністративну, що вимагає інтегрованих цифрових рішень, які здатні охопити всі ключові процеси – від планування освітньої програми до формування офіційних документів про освіту.

Саме інформаційно-аналітичні системи здатні забезпечити підтримку прийняття рішень у сфері вищої освіти на основі актуальних, структурованих даних, що надходять із різних джерел. При цьому, як показують дослідження [9], ефективне функціонування таких систем неможливе без урахування вимог ЄС до освітньої звітності, цифрової трансформації й стандартизації управлінських процедур у ЗВО.

Проблематика полягає у відсутності універсальної, гнучкої та масштабованої системи, здатної:

- об'єднувати дані про контингент здобувачів освіти, їх академічну історію, успішність;
- відображати і динамічно оновлювати навчальні плани, освітні програми (ОПП, НП);
- підтримувати формування офіційних документів, зокрема додатків до диплому, відповідно до структури даних ЄДЕБО;

- розмежовувати права доступу до даних відповідно до ролей в освітньому процесі;
- забезпечувати інтеграцію із зовнішніми сервісами (ЄДЕБО, LMS, ERP тощо) через API.

Крім того, слід враховувати технічні виклики: різноманітність джерел даних, часту зміну освітніх нормативів, високі вимоги до захисту персональних даних та необхідність автоматизації повторюваних адміністративних процедур.

З огляду на викладене вище, постає задача розробки моделі інформаційної системи, що базується на сучасних архітектурних принципах (зокрема Domain-Driven Design, багатосаровість, API-first, OAuth2, тощо), яка, своєю чергою, здатна:

- врахувати структуру предметної області вищої освіти;
- забезпечити масштабованість при впровадженні;
- адаптуватися до потреб конкретного ЗВО чи факультету;
- бути реалізованою у вигляді навчального/пілотного проекту із залученням студентських команд.

Розв'язання цієї задачі має як наукове, так і прикладне значення: воно сприятиме автоматизації освітнього процесу, підвищенню прозорості та керованості в ЗВО, розвитку цифрової компетентності здобувачів та підтримці інституційної автономії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема проєктування інформаційних систем підтримки освітніх процесів у ЗВО є предметом вивчення як українських, так і зарубіжних вчених.

Так, В. Биков (2023) досліджує питання цифровізації вищої освіти [1]. Проблема розробки і впровадження інформаційних систем підтримки освітньої діяльності ЗВО в умовах цифрової трансформації є предметом аналізу групи науковців (Ю. Триус, Г. Заспа, О. Кожем'якін, А. Аширова, 2021) [10]. Сучасна розбудова інформаційних систем в окремих сегментах освіти різновекторно аналізується в колективній монографії «Розвиток інформаційних систем управління освітою як інструмент реалізації державної освітньої політики» (2020) [8].

Зарубіжні дослідники (С. Romero, S. Ventura, 2020) аналізують, як інтелектуальний аналіз даних в освіті та освітня аналітика застосовуються в ЗВО [5]; характеризують діджиталізацію процесів вищої освіти (Н. Strack, M. Gollnick, 2022) [7]; розробляють та оцінюють принципи проєктування інформаційних систем, що використовують аналітику навчання для підтримки освітнього процесу у вищій освіті (А. Nguyen, T. Tuunanen, L. Gardner, D. Sheridan, 2020) [4]; аналізують досвід використання ІІІ для персоналізованого та адаптивного навчання у вищій освіті (R. Sajja, Y. Sermet, M. Cikmaz, D. Cwiertyny, I. Demir, 2023) [6].

Особливої уваги заслуговують підходи, засновані на предметно-орієнтованому проєктуванні (Domain-Driven Design), які дають змогу точно відобразити структуру освітнього процесу в архітектурі програмної системи [2]. Також актуальними є дослідження щодо впровадження стандартизованих моделей даних та сумісності з державними інформаційними ресурсами, такими як ЄДЕБО.

Метою дослідження є проєктування архітектури інформаційної системи підтримки освітніх процесів закладу вищої освіти з урахуванням принципів предметно-орієнтованого підходу, що забезпечує структурну відповідність між компонентами системи та реальними освітніми процедурами, а також дає змогу реалізувати гнучку, масштабовану та інтегровану програмну платформу, здатну взаємодіяти з державними електронними реєстрами та іншими освітніми сервісами.

Основна частина. Формування відомостей про оцінювання та облік результатів базується на зв'язках між навчальними дисциплінами та здобувачами. Інформація про оцінки, заліки, іспити має бути доступна як для оперативної роботи, так і для подальшої аналітики.

Цифрове представлення складних освітніх процесів потребує не лише зручного інтерфейсу чи функціональності, але й правильної організації внутрішньої логіки системи, яка б відображала реальну структуру взаємодії об'єктів предметної області. Для досягнення цієї мети було обрано підхід Domain-Driven Design, запропонований Е. Евансом, який передбачає побудову програмного забезпечення навколо детально визначеної моделі домену (предметної області).

DDD дає змогу зосередитися на глибинному розумінні бізнес-логіки, узгодженій термінології (ubiquitous language) між розробниками й експертами предметної області та побудові системи як набору ізольованих контекстів (bounded contexts), що відповідають окремим функціональним зонам. У випадку освітнього середовища ЗВО це особливо важливо через наявність багатьох взаємозалежних процесів, які потребують чіткої структуризації: навчальні плани, дисципліни, групи здобувачів, результати навчання, документообіг тощо.

Ключовою перевагою застосування DDD у цьому дослідженні стало те, що модель предметної області, сформована у процесі проектування, виявилася достатньо зрозумілою та послідовною для передачі її команді реалізаторів (здобувачам освіти), які впроваджують систему на практиці. Спільна мова між замовником і розробником забезпечила узгоджене бачення структури освітніх процесів і надала змогу ефективно організувати процес реалізації на рівні коду, логіки й бази даних.

У результаті аналізу були виділені ключові ролі користувачів системи, функціональні та нефункціональні вимоги до системи. Проектування системи здійснювалося з урахуванням принципів DDD, що надає змогу точно структурувати логіку предметної області на основі реальних освітніх процесів. В основі підходу лежить ідентифікація доменів, агрегатів, сервісів та їх взаємозв'язків, які в системі чітко виділені на рівні модулів та підсистем [3].

На основі DDD система була поділена на логічні модулі:

- освітні програми та навчальні плани – відповідають за зберігання структури навчання, модулів, дисциплін, їх обсягів і зв'язку з результатами навчання;
- контингент здобувачів освіти – включає наступні сутності: здобувач, академічна група, подій руху;
- оцінювання та відомості – агрегує інформацію про результати навчання, підтримує різні типи відомостей;
- документообіг та додаток до диплому – формує офіційні документи на основі накопичених навчальних даних.

Для реалізації принципів розділення відповідальностей кожен модуль реалізує свій bounded context [3], що зменшує зв'язаність компонентів та спрощує масштабування й підтримку системи.

Усі модулі взаємодіють через визначені контракти API, що дає змогу реалізовувати їх як мікросервісну систему. На рівні архітектурних шарів реалізовано класичну багатошарову архітектуру:

- презентаційний рівень (User Interface) – забезпечує роботу з системою для користувачів;
- рівень застосунку (Application layer) – координує виконання команд і запитів, взаємодіє з доменом;
- доменний рівень (Domain layer) – містить бізнес-логіку, правила валідації, агрегати та сервіси предметної області;
- інфраструктурний рівень (Infrastructure layer) – відповідає за збереження даних (ORM, репозиторії), інтеграції та технічні аспекти (логування, аутентифікація).

У процесі проектування було проведено оцінку очікуваних обсягів даних та характеру запитів, які оброблятиме система. Враховуючи переважно структурований характер даних (наприклад, записи здобувачів, структуру навчальних планів, оцінки, дисципліни), передбачуваність сценаріїв доступу та високу вимогу до узгодженості даних (особливо для формування офіційних документів), було прийнято рішення про використання реляційної моделі зберігання даних.

З огляду на застосування принципів Domain-Driven Design і потребу у розмежуванні відповідальності між доменами, обрано архітектурний підхід Database per Service. Це означає, що кожна функціональна підсистема (контингент, навчальний план, диплом) використовує власне незалежне SQL-сховище, яке найкраще відображає структуру її доменної області та забезпечує незалежну еволюцію.

Крім того, слід враховувати кваліфікацію команди розробників – здобувачів освіти, які реалізують систему як навчальний проєкт у рамках освітньої програми. Вони вже пройшли відповідні курси з баз даних, мають практичний досвід роботи з SQL, а також володіють навичками створення структурованих запитів, нормалізації даних та проектування баз даних на основі ER-

моделей. Це додатково обґрунтовує доцільність вибору саме реляційної моделі зберігання та знижує поріг входу у реалізацію кожного доменного модуля.

Особливе місце в архітектурі інформаційної системи посідає питання забезпечення інформаційної безпеки та захисту персональних даних, що є критично важливими у контексті цифровізації освітнього середовища. Для цього в системі реалізовано централізований модуль автентифікації та авторизації (Authorization Server), який функціонує як окремий сервіс, що інтегрується з усіма доменними модулями через стандартизований протокол OAuth2 (рис. 1). Такий підхід дає змогу забезпечити єдину точку контролю за доступом до системи, уніфіковану процедуру авторизації та масштабованість у випадку розширення кількості користувачів або сервісів.

Усі користувачі системи аутентифікуються через зовнішній сервіс, після чого отримують токени доступу у форматі JWT (JSON Web Token), які містять рольову інформацію та часові обмеження. На основі цих tokenів застосовується модель контролю доступу на основі ролей (Role-Based Access Control, RBAC), що, своєю чергою, дає змогу забезпечити чітке розмежування прав відповідно до функціонального профілю користувача.

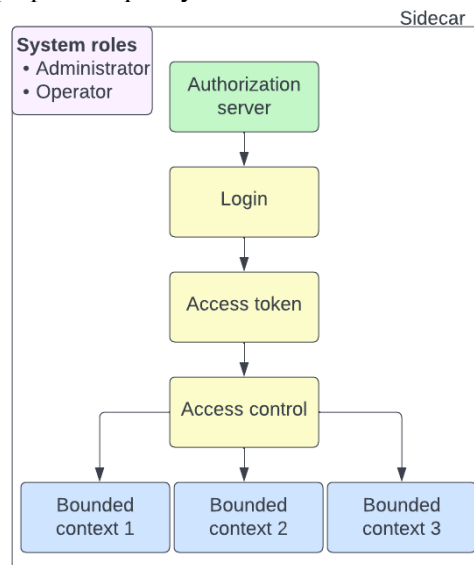


Рис. 1. Схема авторизації та контролю доступу в системі

Інтеграція Authorization Server у мікросервісну архітектуру здійснюється з використанням архітектурного патерну Sidecar, коли до кожного сервісу додається допоміжний проксі-компонент, відповідальний за перехоплення та перевірку tokenів. Це дає змогу зменшити складність основної логіки сервісів, забезпечити незалежність від авторизаційної реалізації та пришвидшити масштабування системи.

Такий підхід також відповідає вимогам чинного законодавства щодо захисту персональних даних (зокрема, Закону України «Про захист персональних даних») та загальноєвропейських вимог GDPR. У системі передбачено шифрування ключових полів, логування подій доступу, та можливість реалізації механізмів відкликання доступу (revocation) у разі порушень або зміни статусу користувача.

Таким чином, проєктна модель відповідає вимогам гнучкості, масштабованості та подальшої підтримки системи, а також забезпечує відповідність як функціональним, так і нормативним вимогам.

У межах дослідження було розроблено архітектурну модель інформаційної системи, призначеної для комплексної підтримки освітніх процесів у закладі вищої освіти (рис. 2). Використання підходу Domain-Driven Design уможливило чітко виокремити ключові підсистеми та домени, що відповідають структурі реального освітнього середовища – від планування освітнього процесу до формування офіційних документів на основі накопичених результатів навчання.

Застосування багаторівневої архітектури з розділенням відповідальностей, стандартизованих API та модульної структури забезпечує гнучкість і масштабованість системи, а модель легко адаптується до змін у нормативному середовищі, інтегрується з державними реєстрами (зокрема ЄДЕБО) та відповідає вимогам інформаційної безпеки й захисту персональних даних.

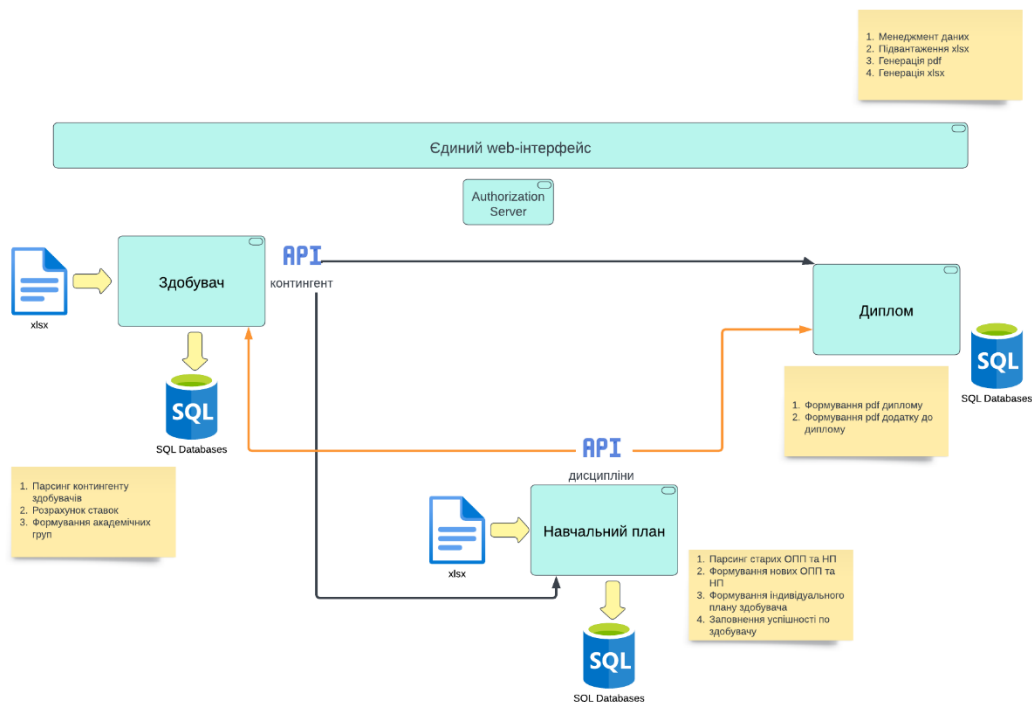


Рис. 2. Архітектурну модель інформаційної системи

Висновки та перспективи подальшого дослідження. У результаті проведеного дослідження було спроектовано архітектурну модель інформаційної системи підтримки освітніх процесів закладу вищої освіти, яка базується на сучасних принципах розробки програмного забезпечення, зокрема Domain-Driven Design, багатoshаровій структурі, підході «database per service» та стандартизований взаємодії через REST API.

Сформована модель охоплює ключові домени предметної області – контингент здобувачів освіти, навчальні плани та документообіг – і забезпечує концептуальну основу для реалізації системи, що може ефективно інтегруватися в цифрову екосистему ЗВО, підвищити прозорість академічного адміністрування та спростити управління освітніми програмами.

Поточна розробка реалізується у вигляді прототипу (proof-of-concept) з використанням сучасного стеку технологій (Spring Boot, PostgreSQL, OAuth2, REST API), що дозволяє апробувати архітектурні рішення, перевірити зручність інтерфейсів, адаптивність доменної моделі до реальних даних і сценаріїв використання. Система на цьому етапі виконує роль ядра (core) майбутньої масштабованої платформи, до якої можуть бути додані нові функціональні модулі – як внутрішні (аналітика, планування навантаження, електронний розклад), так і зовнішні (інтеграція з LMS, ЄДЕБО, бібліотечними та фінансовими підсистемами ЗВО).

У подальших етапах дослідження передбачається:

- розширення функціональних можливостей системи за рахунок інтеграції інтелектуальних сервісів підтримки прийняття рішень;
- аналіз навантаження, продуктивності та масштабованості у розподіленому середовищі;
- адаптація системи до нормативних змін в освітньому законодавстві;
- розробка рекомендацій щодо впровадження системи з урахуванням організаційної структури та цифрової зрілості закладу.

Таким чином, запропоноване рішення є не лише технічним інструментом автоматизації, а й методологічною платформою, навколо якої може бути побудовано цифрове середовище освітнього управління нового покоління.

Список бібліографічного опису:

1. Bykov, V. Yu. (2023). Revitalizing education through the integration of cloud technologies. Educational Dimension, 8, 143–167. <https://doi.org/10.31812/ed.598>
2. Evans, E. (2003). Domain-driven design: Tackling complexity in the heart of software (1st ed.). Addison-Wesley Professional.

3. Fowler, M. (n.d.). Domain driven design. <https://martinfowler.com/bliki/DomainDrivenDesign.html> (Accessed May 10, 2025)
4. Nguyen, A., Tuunanen, T., Gardner, L., & Sheridan, D. (2020). Design principles for learning analytics information systems in higher education. *European Journal of Information Systems*, 30(5), 541–568. <https://doi.org/10.1080/0960085X.2020.1816144>
5. Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3). <https://doi.org/10.1002/widm.1355>
6. Sajja, R., Sermet, Y., Cikmaz, M., Cwiertny, D., & Demir, I. (2023). Artificial intelligence-enabled intelligent assistant for personalized and adaptive learning in higher education. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2309.10892>
7. Strack, H., & Gollnick, M. (2022). Digitization of (Higher) Education Processes: Innovations, Security and Standards. In *Proceedings of EUNIS 2022 – The 28th International Congress of European University Information Systems* (No. 86, pp. 22–33).
8. Лондар, С. Л. (Ред.). (2020). Розвиток інформаційних систем управління освітою як інструмент реалізації державної освітньої політики: Монографія. ДНУ «Інститут освітньої аналітики».
9. Токар, В., Дубиківський, С., Палагута, К., Самойленко, Ю., & Пашорін, В. (2023). Архітектура інтелектуальних систем прийняття рішень інформаційної інфраструктури ЗВО з урахуванням вимог ЄС. *Інформаційні технології та суспільство*, 1(7), 80–87. <https://doi.org/10.32689/maup.it.2023.1.11>
10. Триус, Ю. В., Заспа, Г. О., Кожем'якін, О. С., & Аширов, А. В. (2021). Інформаційно-аналітична система підтримки освітньої діяльності структурних підрозділів закладів вищої освіти. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. <https://doi.org/10.24025/2306-4412.4.2020.21948>

References:

1. Bykov, V. Yu. (2023). Revitalizing education through the integration of cloud technologies. *Educational Dimension*, 8, 143–167. <https://doi.org/10.31812/ed.598>
2. Evans, E. (2003). *Domain-driven design: Tackling complexity in the heart of software* (1st ed.). Addison-Wesley Professional.
3. Fowler, M. (n.d.). Domain driven design. <https://martinfowler.com/bliki/DomainDrivenDesign.html> (Accessed May 10, 2025)
4. Nguyen, A., Tuunanen, T., Gardner, L., & Sheridan, D. (2020). Design principles for learning analytics information systems in higher education. *European Journal of Information Systems*, 30(5), 541–568. <https://doi.org/10.1080/0960085X.2020.1816144>
5. Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 10(3). <https://doi.org/10.1002/widm.1355>
6. Sajja, R., Sermet, Y., Cikmaz, M., Cwiertny, D., & Demir, I. (2023). Artificial intelligence-enabled intelligent assistant for personalized and adaptive learning in higher education. *arXiv*. <https://arxiv.org/abs/2309.10892>
7. Strack, H., & Gollnick, M. (2022). Digitization of (Higher) Education Processes: Innovations, Security and Standards. In *Proceedings of EUNIS 2022 – The 28th International Congress of European University Information Systems* (No. 86, pp. 22–33).
8. Londar, S. L. (Ed.). (2020). *Development of educational management information systems as a tool for implementing state educational policy: Monograph*. SSI «Institute of Educational Analytics».
9. Tokar, V., Dubykyivskyi, S., Palaguta, K., Samoilenko, Y., & Pashorin, V. (2023). Architecture of intelligent decision-making systems of the information infrastructure of higher education institutions taking into account EU requirements. *Information Technology and Society*, 1(7), 80–87. <https://doi.org/10.32689/maup.it.2023.1.11>
10. Trius, Y. V., Zaspа, G. O., Kozhemiakin, O. S., & Ashirov, A. V. (2021). Information and analytical system for supporting the educational activities of structural units of higher education institutions. *Bulletin of Cherkasy State Technological University*. <https://doi.org/10.24025/2306-4412.4.2020.21948>