

УДК 378.4:004

**Косіюк Микола Миколайович**

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології машинобудування  
Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна  
ORCID ID 0000-0003-4823-7800  
*kosiyukm@khmnu.edu.ua*

**Більовський Костянтин Едуардович**

кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизованих систем і моделювання в економіці  
Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна  
ORCID ID 0000-0001-8205-7614  
*constantin.belovsky@gmail.com*

**Лисак Віктор Миколайович**

кандидат економічних наук, провідний інженер відділу розробки програмного забезпечення  
старший викладач, кафедра міжнародних економічних відносин  
Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна  
ORCID ID 0000-0001-5352-7090  
*lysak.viktor@khmnu.edu.ua*

## **АВТОМАТИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЗАКЛАДОМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «ЕЛЕКТРОННИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

**Анотація.** У статті розглянуті питання розробки і впровадження інформаційних систем управління діяльністю закладу вищої освіти за умов цифрової трансформації. В останні роки в умовах посилення конкуренції важливою рисою для сфери вищої освіти є системний підхід до автоматизації управління всіма процесами, які в ній відбуваються. Цифровізація цих процесів є одним з найбільш ефективних інструментів. Метою дослідження є узагальнення 20-річного досвіду формування інформаційної системи «Електронний університет» Хмельницького національного університету, визначення рекомендацій до інтегрованих інформаційних систем комп'ютерної підтримки управлінської та освітньої діяльності ЗВО. Обговорені питання раціональної організації університетського менеджменту та навчального процесу з використанням сучасних інформаційних технологій. Розглядаються основні бізнес-процеси та функціональна структура інформаційної системи, основні завдання, які вирішує інформаційна система, прийняті архітектурні рішення, принципи побудови ефективної структури бази даних, засоби розробки, формування звітів, мови програмування тощо. Обґрунтована необхідність і можливість зберігання даних, які відображають історію всіх змін. Це забезпечує можливість отримання зрізу даних або стану певного інформаційного об'єкту у будь-який момент шляхом певних розрахунків у базі даних, дає можливість отримати будь-яку статистику за будь-який інтервал або в будь-який час. На базі автоматизованої системи організації навчального процесу «Електронний університет» запропонований автоматизований підхід до формування робочих навчальних планів закладу вищої освіти з урахуванням реалізації вільного вибору студентами частини дисциплін. Надзвичайно актуальним питанням є забезпечення надійності функціонування інформаційної системи. Замість використання дорогих апаратних кластерних рішень запропоновано поєднання резервування та балансування навантаження. Це дозволяє значно збільшити як продуктивність усієї інформаційної системи, так і підвищити її працездатність, забезпечивши постійний цілодобовий доступ користувачів за наявності лише двох окремих серверів. Описано багаторічний досвід розбудови ІТ-інфраструктури університету, методичні та технологічні розробки і надано відповідні рекомендації. Інноваційне управління навчальним процесом сприяє оптимізації навчального процесу і якісній підготовці фахівців у Хмельницькому національному університеті.

**Ключові слова:** інформаційні комп'ютерні технології; інформаційна система; цифровізація; програмне забезпечення; університетський менеджмент.

## 1. ВСТУП

**Постановка проблеми.** Наприкінці ХХ століття в результаті науково-технічного прогресу суспільство увійшло в інформаційну стадію свого розвитку, яка характеризується домінуванням інформації та знань у функціонуванні й розвитку різних сфер суспільного життя. Це, насамперед, пов'язано з високою динамікою процесів наскрізної цифрової трансформації ключових сфер діяльності людини, зокрема й освіти. Світові тенденції розвитку як освіти, так і управління освітніми закладами спрямовані на цифровізацію процесів. Це означає, що всі процеси навчання, наукових досліджень, господарської роботи, управління та інших видів діяльності повністю мають інтегруватися в цифрове середовище. Основними причинами виникнення інформаційного суспільства стали три взаємопов'язані процеси. По-перше, лавиноподібне зростання обсягів нової інформації. По-друге, її активне використання в різних сферах діяльності. По-третє, створення на базі широкого впровадження комп'ютерів і телекомунікацій сучасної інформаційно-комунікаційної інфраструктури, глобальної мережі Інтернет. Окрім того, за сучасних умов інформація набула ще двох принципово нових і цікавих для дослідження характеристик: стала товаром, набуваючи його основних рис і властивостей, а також стає новим видом інформаційного продукту – знаннями.

Розбудова інформаційного суспільства в Україні є одним із стратегічних завдань розвитку нашої країни на найближчий період. Від її реалізації багато в чому залежить стан економіки, рівень і якість життя населення країни, національна безпека і місце у світовій спільноті. Підготовка фахівців, що відповідають сучасним вимогам ринку праці, передбачає постійне вдосконалення освітнього процесу і навчальних планів. У цих умовах заклади вищої освіти (ЗВО) зіштовхуються з важкою проблемою налагодження ефективного управління процесом навчання, яке б враховувало всі вимоги сьогодення. На ринку освітніх послуг сьогодні склалася парадоксальна ситуація: будучи осередком інтелектуальних ресурсів країни, система освіти залишається найменш автоматизованою галуззю. А без сучасних інформаційних і телекомунікаційних технологій обійтися неможливо. Цифровізація освітнього процесу та системи університетського менеджменту є основними факторами, які дозволяють не лише підвищити ефективність управління за рахунок автоматизації різних сфер діяльності ЗВО, а й підвищити його суспільну значимість, як центру генерації і поширення нових знань та інформації, забезпечити його конкурентоспроможність та якість підготовки фахівців. Комплексна інформатизація (цифровізація) дає змогу точніше розподіляти матеріальні та фінансові ресурси, використовувати різноманітні стимули для розвитку освітньої сфери в тих напрямках, які найбільш актуальні на даному відрізку часу [1]. Без цифрової трансформації ЗВО неспроможний організувати якісний освітній процес та дистанційну роботу своїх підрозділів, зокрема за умов сьогоденнішніх реалій (пандемія COVID-19, воєнна агресія з боку РФ), що негативно впливає на студентів, викладачів, співробітників. Зарубіжні вчені також дотримуються думки щодо переходу до нових принципів освітнього процесу в умовах цифровізації [2]. Разом з тим, створення єдиної системи управління ЗВО на основі інформаційних технологій є надзвичайно складною проблемою, яка вимагає вирішення багатьох організаційних і технологічних завдань.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У вітчизняному й зарубіжному науково-педагогічному дискурсі є багато досліджень, присвячених: застосуванню інформаційних технологій в управлінні освітнім закладом (А. Андрощук, В. Афанасьєв, А. Білощицький, Л. Гайдук, В. Грига, О. Дубач, О. Косенко, Л. Забродська, В. Кремень, Б. Одягайло, П. Орлов, О. Співаковський, Ю. Триус, Л. Фішман, О. Шпак та ін.);

забезпеченню інформатизації вищої освіти (М. Андрос, В. Биков, М. Головань, Р. Гуревич, Л. Зайнутдінова, І. Захарова, С. Касьян, Л. Кондратова, О. Мілаш, Л. Петренко, Є. Полат, І. Роберт, В. Супрун, М. Шишкін та ін.); розкриттю організаційних аспектів впровадження в процес управління та навчальний процес нових інформаційних технологій (С. Бондарева, В. Биков, Т. Габай, В. Годін, М. Жалдак, Н. Іващенко, О. Ільїн, Л. Калініна, Г. Китайгородська, Ю. Машбіц, М. Перфілова, В. Сідак та ін.); розгляду питань оцінки і моніторингу якості освіти (Б. Вульфсон, Г. Келс, Г. Мотова, В. Наводнов, О. Ляшенко та ін.); проектуванню і використанню освітніх середовищ (О. Глазунова, С. Литвинова, В. Осадчий, Л. Панченко, М. Шишкіна та ін.).

Аналіз зарубіжного досвіду і публікацій свідчить, що розвитку інформатизації в європейських та інших закордонних ЗВО приділяється значна увага. У напрямі впровадження інформаційно-комп'ютерних технологій (ІКТ) у галузі освіти працюють практично всі світові лідери ІТ-індустрії. Однак найбільш поширені інформаційно-аналітичні системи (ІАС) управління ЗВО є комерційними продуктами, переважно лише з англійським інтерфейсом, вимагають чималих витрат на придбання ліцензованого програмного забезпечення і, як правило, не враховують специфіку вітчизняних ЗВО. Університети та коледжі багатьох країн світу також знаходяться в постійному пошуку засобів автоматизації рутинних процесів освітньої діяльності. Такі пошуки в основному орієнтовані на вибір систем управління освітнім процесом, систем управління електронним документообігом та засобів інтеграції різного роду сервісів у єдину систему підтримки освітньої діяльності. У роботі [3] розглядаються проблеми, які виникають при створенні і впровадженні автоматизованої інформаційної системи управління якістю у ЗВО. Автори роботи [4] розглядають п'ять загальних припущень, які перешкоджають цифровій трансформації ЗВО. Авторами у роботі [5] проведено узагальнення досліджень нових технологій та їх вплив на створення цифрового кампусу, розглянуті можливі перешкоди та шляхи успішного використання цифровізації. У дослідженні [6] автори розглядають проблеми у вищій освіті, роблять висновок, що цифрова трансформація вищої освіти, особливо після COVID-19, є неминучою. Автори [7] стверджують, що цифрова трансформація не є чужою для вищих навчальних закладів, а проблема лише в тому, як правильно її здійснювати. У дослідженні [8] розглядається ключовий аспект цифрової трансформації вищої освіти – створення цифрового навчального простору. Відзначається суттєвий прогрес у розробленні стратегій інформатизації та управління ІТ-інфраструктурою в університетах, звертається увага на використання ІТ-стратегій на основі системного підходу в умовах цифрової трансформації.

На думку М. Топузова [9], модернізація вітчизняної системи освіти з урахуванням вимог оновленої відповідно до сучасних вимог суспільства парадигми управління освітою має відбутися за умови впровадження управлінських інформаційних систем (УІС) (Management Information System – MIS), спеціалізованих комп'ютерних систем управління навчанням (LMS-системи – Learning Management Systems), систем управління навчальним контентом (LCMS-системи – Learning Content Management Systems) тощо.

Автори роботи [10] запропонували системотехнічну концепцію цифровізації ЗВО. Концепція інтегрує системний, процесний і проєктний підхід до відображення об'єктів і процесів діяльності ЗВО в єдиному цифровому просторі. Це дозволить його використати для автоматизованого вирішення функціональних завдань в освітньому, науковому, господарському та управлінському процесах ЗВО.

У статті М. Мокрієва [11] розглядаються питання організації інформаційно-освітнього середовища ЗВО шляхом інтеграції різних програмних компонент. Також

робиться акцент на використанні елементів відкритого програмного забезпечення та інтеграції з популярними хмарними сервісами.

Дослідження [12] присвячене проблемам розробки і впровадження інформаційних систем (ІС) підтримки освітньої діяльності ЗВО в умовах цифрової трансформації. У роботі запропоновано модель наповнення бази даних системи інформацією для формування вихідної документації про освітню діяльність студентів, зокрема додатків до диплому європейського зразка. Також змодельовані і спроектовані бізнес-процеси, що відбуваються в освітньому середовищі університету.

Як зазначено у [13], стан професійної підготовки здобувачів вищої освіти потребує вдосконалення цифрового освітнього середовища, спрямованого на професійну підготовку майбутніх фахівців. Авторами представлені технології, що використовувалися під час розробки ІС професійної підготовки здобувачів вищої освіти, описано процес проектування архітектури, інтерфейсу вебсистеми, розроблено прототипи основних сторінок системи.

У роботі [14] визначаються та описуються організаційно-технічні проєктні рішення щодо створення та використання веборієнтованої інформаційно-аналітичної системи автоматичного документообігу супроводу навчальних і методичних дисциплін у ЗВО.

У дисертаційному дослідженні В. Гриценка [15] з позицій системного підходу здійснено теоретичне узагальнення і практичне розв'язання наукової проблеми обґрунтування теоретико-методичних засад проектування та впровадження інформаційно-аналітичної системи управління університетом. Узагальнено, систематизовано та розкрито характеристики, яким має відповідати інформаційно-аналітична система управління університетом як складова інформаційного освітньо-наукового середовища ЗВО.

Заклади вищої освіти України користуються у своїй роботі як ІС, що є на ринку, так і власними розробками. Проведений В. Гужвою в [16] аналіз наявних ІС управління ЗВО в Україні свідчить про те, що створення таких систем йде шляхом автоматизації окремих напрямів діяльності університетів. На вітчизняному ІТ-ринку існує значна кількість розробок стосовно застосування ІКТ в управлінні ЗВО, які відрізняються масштабами впровадження, специфікою і спрямованістю розроблених алгоритмів, повнотою та спектром представлених методів та засобів для автоматизації освітнього процесу. Серед найбільш поширених з них варто виділити наступні:

- 1) АСУ «Вищий навчальний заклад» – розробник Науково-дослідний інститут прикладних інформаційних технологій [[https://vuz.osvita.net/wp-content/uploads/2021/09/ASU\\_VNZ.pdf](https://vuz.osvita.net/wp-content/uploads/2021/09/ASU_VNZ.pdf)];
- 2) АСУ «Університет» – розробник ТОВ «UNITEX+» [<https://www.unitex.com.ua/products/commercial-software/automated-system-for-higher-education-institution/>];
- 3) пакет комп'ютерних систем ПП «Політек-софт» [<http://www.politek-soft.kiev.ua/index.php?do=products>] тощо.

Аналіз свідчить, що якісні показники та зручність експлуатації таких систем управління в різних ЗВО не однаковий і залежать від досвіду розробників та поставлених перед ними технічних вимог. До негативних особливостей використання таких систем належать:

- 1) надмірна комерціалізація – внесення навіть незначних змін стає значною технічною проблемою;
- 2) надлишковість функціоналу – багато функціональних модулів системи не використовуються університетом повною мірою, водночас певні специфічні потреби ЗВО не можуть бути реалізовані за допомогою наявних модулів;

3) орієнтованість на досвідченого користувача – для отримання кінцевого продукту (наприклад, звітнього документа), потрібно виконати додаткові налаштування параметрів, з якими певний користувач може бути не ознайомлений.

Якщо автоматизована система управління (АСУ) розробляється безпосередньо в університеті, то всіх вище перелічених недоліків можна уникнути ще на стадії її розробки, тим самим повністю врахувавши специфіку конкретного ЗВО. Саме таким шляхом пішли фахівці Хмельницького національного університету.

Хмельницький національний університет брав активну участь у проєкті INURE (530181-TEMPUS-2012-DE-SMGR “Integrated University Management System: EU Experience on NIS countries’ ground”) європейської програми TEMPUS. Результати виконання проєкту опубліковані в монографії [17]. Вона присвячена проблемі побудови систем комп’ютерної підтримки університетського менеджменту та узагальнює досвід кількох груп розробників з європейських країн: Німеччини, Польщі, Білорусі, України, Молдови, Грузії. Розглядаються питання проєктування інтегральної інформаційної системи управління університетом, що забезпечує автоматизацію основних процесів управління навчальним процесом, персоналом, науковими дослідженнями, узагальнюється досвід розроблення, впровадження та супроводу таких систем. У межах цього ж проєкту фахівцями університету відпрацьовані також нові інноваційні технології зі створення інформаційного кластеру і придбано сучасну комп’ютерну техніку, яка безкоштовно передана на баланс університету.

**Метою дослідження** є узагальнення досвіду формування автоматизованої інформаційної системи «Електронний університет» (AIC EU) Хмельницького національного університету, визначення рекомендацій до інтегрованих інформаційних систем комп’ютерної підтримки управлінської та освітньої діяльності ЗВО.

## 2. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Автоматизована інформаційна система «Електронний університет», яка забезпечує успішний та сталий розвиток Хмельницького національного університету розробляється, впроваджується і вдосконалюється фахівцями університету [18], [19]. Наш досвід свідчить, що при правильному початковому плануванні структури ІС вона може поступово розвиватися, розширювати свої можливості за допомогою нових модулів та набувати нового функціоналу без кардинального перепланування та перероблення основної базової логіки функціонування системи.

Такий підхід не дає швидкого результату, однак і впровадження великих «готових» ІС, що часто супроводжується частковою або глибокою адаптацією модулів системи до конкретних потреб ЗВО, може затягнутися на роки, а невідповідність структури такої системи мінливим бізнес-процесам після декількох років впровадження і значні витрати можуть взагалі призвести до відмови від використання такої ІС. Тому відхід від універсального типу ІС та розробка власних функціональних модулів на практиці може дати навіть значніший і швидший результат, а конкретні модулі без будь-якої адаптації працюватимуть у строгій відповідності до вимог замовника. Адаптація модулів у ЗВО також може виконуватись силами власних розробників.

Як свідчить наш досвід, розробка ІС – це процес постійного розвитку. Одразу після реалізації нових модулів завжди з’являються додаткові вимоги, які стосуються доробки інших наявних модулів для розширення їх функціоналу або розробки додаткових функцій для вирішення завдань різних підрозділів університету.

Тому велике значення має вибір інструментів/мов розробки. Основна вимога – це відкритість. Для забезпечення тривалого «часу життя» системи, варто думати «наперед» і передбачити застосування нових технологій, які наразі не

використовуються, або навіть ще не розроблені. Для цього в ІС мають існувати стандартизовані інтерфейси для обміну даними, щоб забезпечити можливість інтеграції існуючих напрацювань з новими. Прив'язка до закритих комерційних рішень у перспективі часто обертається проблемами. А з урахуванням обмеженості бюджету ЗВО найбільш відповідними є Open Source рішення. Також слід враховувати, що використання відкритих стандартів полегшує пошук розробників із відповідною кваліфікацією, що важливо при тривалому розвитку проєкту.

АІС ЕУ почала проєктуватися з 1999 року, коли більшість розробників використовували нативні додатки з бінарним кодом. Фахівці університету виходили з вимог роботи користувачів з різними операційними системами в розподіленій мережі як усередині університету, так і за його межами. Оновлення версій модулів мало відбуватися часто й оперативно. Тому нами було ухвалено рішення проєктувати систему за клієнт-серверною технологією з використанням вебінтерфейсів. Цей підхід повністю виправдав себе не тільки тоді, але й показав перспективність на багато років вперед, коли бурхливий розвиток вебтехнологій забезпечив можливість побудови додатків будь-якого рівня складності як для персональних комп'ютерів, так і для планшетів або смартфонів.

Головною перевагою використання вебтехнологій є можливість централізованої розробки та підтримки системи за можливості доступу до неї користувачів з будь-якого місця як всередині університету, так і з дому або в дорозі. Водночас зберігається можливість обмеження доступу до критичної інформації тільки з конкретних пристроїв/підмереж при авторизації як за допомогою пароля, так і сертифікатів безпеки (найчастіше такі вимоги висувають для доступу до фінансової інформації).

Деякі особливості роботи користувачів з конфіденційною інформацією через вебінтерфейси поставили відповідні вимоги до засобів безпеки. Так, наприклад, з'єднання між клієнтом і сервером повинно бути зашифрованим, авторизацію користувачів повинна забезпечувати пара логін-пароль, окремі ключові елементи, що передаються вебінтерфейсами, повинні мати цифровий підпис, sql-запити до бази даних повинні обов'язково використовувати параметризацію.

У якості основної мови програмування для серверної сторони було обрано PHP за його простоту та зручність використання. На користь цього вибору вплинув той факт, що він використовувався для створення більшої частини сайтів в Інтернеті. А це, своєю чергою, визначало величезну кількість розробників, які використовують PHP, а також інструменти, фреймворки, документацію та підтримку. Хоча багато корпоративних систем розробляються з використанням Java технологій, практичний досвід розробки сайтів з їх застосуванням, а також взаємодія з готовими рішеннями показує, що, як правило, процес розробки з використанням Java набагато більш ресурсомісткий, ніж PHP, а відпрацьовані та протестовані версії на Java працюють відчутно повільніше, ніж PHP. Ми не стверджуємо, що Java-проєкти обов'язково повільніші за PHP, але Java є більш універсальною і комплексною платформою, що вимагає високої кваліфікації для ефективного використання. Застосування PHP для розробки вебдодатків навіть менш кваліфікованим розробникам дозволяє розробляти досить високопродуктивні сайти. Тобто за наявності в команді кваліфікованих Java-розробників Java – відмінний вибір, а PHP дозволить отримати практично ті ж результати, і водночас вимоги до розробників можуть бути нижчими, а знайти таких розробників набагато легше.

Оскільки на момент початку розробки АІС ЕУ більшості популярних сучасних фреймворків просто не існувало, нами було розроблено власний фреймворк на основі застосування шаблонів. Це дозволяє швидко та компактно описувати стандартизований вебінтерфейс, побудований на «каскадних» таблицях, що часто повторюють структуру БД. Це дозволило суттєво скоротити час на розробку.

Спочатку клієнтський інтерфейс системи був побудований за допомогою стандартного HTML з мінімальним використанням JavaScript. Такий підхід висуває мінімальні вимоги до клієнтських комп'ютерів, що особливо актуально для університетів, де апаратне забезпечення, як правило, не часто оновлюється і цілком можна зустріти досить старі комп'ютери з невисокою продуктивністю.

На сьогодні склалася ситуація, коли навіть продуктивності застарілих комп'ютерів 5-7-річної давності цілком вистачає для виконання додатків, повністю побудованих на базі AJAX, і дають клієнтському додатку (у браузері) істотно більші можливості, які можна порівняти з нативними додатками. Тому нові проекти/модулі доцільно створювати саме на основі цієї технології та її похідних (Progressive App тощо). Що, втім, не відкидає паралельне використання модулів, побудованих за «старими» технологіями.

У цьому випадку роль клієнтського додатка зводиться до роботи з даними, і практично відпадає необхідність формування інтерфейсу на стороні сервера. При виборі сучасного PHP фреймворку можна рекомендувати Symfony та Laravel. Вибір між ними залежить від обраної ролі PHP у формуванні інтерфейсу. Якщо в основному це – забезпечення швидкого та ефективного REST інтерфейсу для забезпечення взаємодії з Rich Client, то оптимальним вибором буде Symfony, якщо, крім цього, планується активне формування різних форм введення даних засобами PHP – тоді Laravel. Для формування зручного та ефективного інтерфейсу на стороні клієнта на сьогодні існує велика кількість різних фреймворків. Серед найбільш широко використовуваних можна назвати Angular та React.

Як уже зазначалось, однією з основних вимог до всіх інструментів, які використовуються при розробці ІС для ЗВО, має бути простота та ефективність, щоб невеликий колектив розробників з мінімальними зусиллями міг створювати якісний та зручний продукт у короткий термін. Відмінною особливістю АІС ЕУ, як і більшості корпоративних систем, є інтенсивна робота з базою даних, що використовує таблиці або ієрархічні структури. За такої умови кількість записів може обчислюватися сотнями тисяч і більше, а отже, ці компоненти повинні за необхідності підтримувати буферизацію, нескінченний скролінг, фільтрацію та сортування як на стороні клієнта, так і на стороні сервера. Так само має значення наявність великої кількості різноманітних компонентів, що забезпечують зручне введення даних як у вигляді форм, так і всередині таблиць для різних типів даних та за допомогою валідації. Тобто всі ці компоненти повинні підтримувати інтеграцію та взаємодію між собою «з коробки». Зокрема вони повинні бути в єдиному стилі. Хоча ці вимоги можуть здатися незначними, на практиці інтеграція розрізнених компонентів як за даними, взаємодією, так і за стилями може виявитись нетривіальним завданням, що забирає більше зусиль, ніж виконання безпосередньої роботи зі створення функціонуючого модуля або конкретної форми/таблиці.

На жаль, більшість сучасних фреймворків концентруються на ядрі та простих базових компонентах, намагаючись максимально використати можливості сучасного HTML, що спочатку не призначався для роботи з «великими даними». Існує велика кількість додаткових компонентів, що реалізують складну роботу з таблицями, деревами та ін., кожен з яких проектується різними розробниками для різних завдань. Насправді забезпечити їх інтеграцію буває досить складно. Мало того, використання різних сторонніх бібліотек, що розширюють базові можливості фреймворку, може призводити до істотного розростання програми, внаслідок чого різко збільшується час завантаження та вимоги до комп'ютера клієнта.

Тому для створення АІС ЕУ ми вибрали фреймворк ExtJs, що базується на JavaScript і призначений для розробки корпоративних систем. Цей фреймворк є

комерційним, проте регулярно надаються безкоштовні версії під ліцензією GPL. Спільнота розробників уже перевищує 2 млн. Головними перевагами даного фреймворку є повнота та інтеграція з підтримкою високорівневих компонентів для роботи з «великими даними». Крім цього фреймворк містить інструменти розробки і компіляції production версій. Тобто вибір цього фреймворка істотно знижує необхідність у пошуку та вивченні додаткових компонентів та інструментів для складання та компіляції – вони вже є в ньому та інтегровані між собою. Також «з коробки» підтримуються десятки різних тем, зокрема висококонтрастні для людей зі слабким зором, нічні та інші. Проте важливо навіть не підтримка великої кількості тем, а те, що всі компоненти підтримують єдину систему стилів, так що змінюючи централізовано базові стилі ми легко можемо адаптувати зовнішній вигляд нашого додатку під вимоги замовника, не витрачаючи час на припасування стилів розрізаних компонентів. Фреймворк продовжує активно розвиватися та підтримує практично всі версії сучасних браузерів.

Центральним компонентом будь-якої ІС є база даних. Від правильного вибору СУБД може залежати успіх реалізації проєкту. Проте за останні 15 років більшість популярних СУБД додали підтримку практично всіх функцій, необхідних для створення високопродуктивної корпоративної ІС (транзакції, підтримка цілісності посилань, процедури, що зберігаються, зокрема на Java, висока продуктивність на складних багаторівневих запитах від багатьох таблиць та ін.). Усі СУБД мають розвинені адміністративні засоби з підтримкою всіх основних платформ. Серед Open Source СУБД спочатку найбільш розвинутою СУБД була PostgreSQL, але відсутність зручних інструментів під Windows на довгий час зробила її «ексклюзивним» продуктом для «професіоналів». FirebirdSql (спочатку Interbase) хоч і не володів, як PostgreSQL, об'єктними можливостями і розширеним набором вбудованих функцій, спочатку підтримував всі основні функції реляційної СУБД, а також володів високорозвиненим інструментом адміністрування. Однак спочатку це була комерційна СУБД, що обмежувало кількість користувачів. Найбільш масовою та відомою виявилась MySQL, яка тривалий час не підтримувала високорівневі функції СУБД, мала низьку продуктивність на складних запитах, але була крос-платформною, мала великий набір зручних інструментів та вражаючу продуктивність при виконанні простих запитів на простих незв'язаних структурах даних.

На сьогодні за основним функціоналом, різними інструментами та продуктивністю всі названі СУБД загалом співставні. На основі PostgreSQL та MySQL можна побудувати повноцінний кластер з балансуванням навантаження. FirebirdSql не підтримує створення кластера з балансуванням навантаження (планується в найближчому релізі). З огляду на це для запуску нового проєкту найкращим варіантом може бути PostgreSQL, але якщо ви маєте фахівців MySQL або FirebirdSql, можна сміливо вибирати ці СУБД.

Незважаючи на те, що ІС мають скорочувати обсяги друкованих документів, такі документи досі повністю ігнорувати не можна. Існує ціла низка форм документів, обов'язкових для зовнішньої звітності або які вимагають підпису для підтвердження справжності. У такому разі ІС може скоротити кількість друкованих версій шляхом попереднього узгодження та затвердження в електронному вигляді, друкуючи лише фінальну версію. Під час використання вебінтерфейсу виникає питання організації друку документів. В АІС ЕУ для цього використовується підхід, що вже став поширеним, коли документ для друку формується у вигляді файлу на сервері і відправляється клієнту, де вже друкується за допомогою локально встановлених програм. Для того, щоб спростити цей процес, більшість документів формуються у



форматі PDF, оскільки підтримка цього формату є практично на кожному комп'ютері, а сам формат забезпечує однаковий результат друку в різних оточеннях.

Хоча PDF-файл можна досить просто сформувати засобами PHP, ми вважаємо за доцільне використовувати спеціальні інструменти для дизайну та генерації звітів. Одним з найбільш прийнятних для цього є JasperReports, який є набором Java бібліотек для формування звітів на основі шаблонів у форматі XML. Одним з факторів, що визначають вибір JasperReports, є розвинений дизайнер звітів JasperSoft Studio. Оскільки генератор і дизайнер написані на Java, вони повністю платформно незалежні програмні продукти. Ми можемо формувати та розробляти звіти під Windows, а генерувати їх на сервері Linux. Комплект поставки JasperReports має велику кількість прикладів додатків та звітів. Тож досить просто на їх основі створити програму, що забезпечує інтеграцію генератора звітів з інформаційною системою. Хоча JasperReports не єдиний генератор звітів на ринку і не єдиний на Java, його перевагою перед іншими генераторами, як JBoss, є розвинена підтримка можливостей звітів для друку (розбиття на сторінки). Зокрема підтримка верхніх і нижніх колонтитулів, як для сторінок, так і для груп і колонок, різні варіанти розміщення групових підсумків залежно від підсумків інших груп і відстані до кінця сторінки та багато іншого. Великою перевагою використання Java в основі генератора звітів є можливість використання Java-виразів всередині звіту та впровадження користувацьких Java-класів, що відкриває практично необмежені можливості при формуванні звіту навіть у найскладніших ситуаціях. Також підтримуються вкладені звіти, кростаблиці, субтаблиці та діаграми з можливістю передачі параметрів у підлеглі джерела даних (субзвіти, кростаблиці та ін.) та повернення обчислених значень в основний звіт. Як джерело даних може бути будь-яка СУБД через JDBC, і текстові файли, JSON, XML, XLS, XLSX, ODS. Існує також можливість створення власних провайдерів даних для доступу до будь-якого джерела даних. Хоча найбільший інтерес для нас має експорт звіту у форматі PDF, також підтримуються формати DOC, DOCX, XLS, XLSX, ODS, ODT, HTML. Зважаючи на це, можна сформувати досить складний звіт, доступний для подальшого редагування/заповнення.

Ми розпочинали проєкт АІС ЕУ з огляду на те, що необхідно швидко створити основні базові модулі, які дозволили б користувачам нашого університету негайно розпочати роботу з наповнення системи даними. Надалі до системи додаються додаткові модулі, що розширюють її можливості відповідно до прийнятих пріоритетів. Інформація в базі даних повинна відображати не лише поточний стан усіх інформаційних об'єктів, а й повну історію їх зміни. У цьому випадку за допомогою певних запитів ми можемо отримати/обчислити стан будь-якого об'єкта практично на будь-який час, що дуже актуально для роботи нашого університету.

Основа ІС – це управління діяльністю учасників освітнього процесу. Тому першими базовими модулями нашої системи стали «відділ кадрів» та «навчальний відділ».

Основа «відділу кадрів» – це персональні дані про людей (співробітників та студентів) та адміністративні накази, що відображають документи на будь-який момент змін становища людей у службовій чи навчальній структурі. Ми розробили систему наказів на прийом, звільнення та переміщення співробітників. Аналогічна система наказів була розроблена і для зарахування, відрахування та переведення студентів на відповідний курс чи спеціальність. Кожен електронний наказ – це запис у відповідній таблиці бази даних. Будь-який новий стан співробітника чи студента – також запис у субтаблиці відповідного наказу. Обов'язок співробітників відділу кадрів полягає у своєчасному формуванні електронних наказів на будь-які зміни у кадровій структурі співробітників та студентів. Будь-який інший модуль системи, який оперує списками

співробітників чи студентів, звертається до модуля відділу кадрів та запитує відповідний список на необхідну дату. Система обчислює стан кожної людини зі списку з урахуванням електронних наказів. Наприклад, якщо проведено наказ на звільнення певного викладача чи відрахування студента із завтрашнього дня, то сьогодні ця людина ще буде у списку відповідної кафедри чи навчальної групи. Завтра система при обчисленні списку цієї кафедри чи навчальної групи видалить таку людину зі списку автоматично. Водночас про будь-якого співробітника чи студента можна отримати повні дані разом з історією його кадрових змін. Аналогічно можна отримати список співробітників або студентів на будь-яку дату. Наприклад, можна легко отримати список групи студентів, які випустились торік. Такий підхід дуже легко дозволив нам, наприклад, сформувати окремий модуль з усіх випускників університету.

Діяльність навчального відділу ґрунтується на навчальних планах. Ми розробили структуру електронних навчальних планів, які відповідають зразкам, затвердженим міністерством та керівництвом нашого університету. У базу даних вводяться навчальні плани кожної окремої спеціальності. Зміни та корекція планів на кожен навчальний рік фіксується у вигляді так званих робочих планів. На основі робочих планів щорічно у деканатах формуються індивідуальні навчальні плани для кожного студента. На основі індивідуальних планів студентів надалі може формуватися електронний розклад занять та сесійний контроль з кожної навчальної дисципліни.

Наступний за важливістю модуль, який міг використовувати дані відділу кадрів і навчального відділу, це модуль «деканат». Основу структури деканату склали електронні відомості для сесійного контролю (іспити, заліки, курсові проекти) та індивідуальні плани студентів. Списки груп студентів деканат отримує з модуля відділу кадрів. Вони обчислюються з урахуванням наказів на дату, яку запросив деканат. Усі відомості формуються та пов'язуються з індивідуальними планами студентів. Після виставлення сесійних оцінок вони автоматично відображаються в індивідуальних планах кожного окремого студента. Для деканатів може бути сформована загальна таблиця результатів будь-якої сесії за групами чи спеціальностями студентів. У нашій системі електронні відомості фіксують будь-який факт здавання чи перездавання будь-якого виду контролю за навчальними дисциплінами. Тому система може обчислити стан результатів складання сесії для будь-якого студента на будь-який момент часу. Це дозволяє деканатам побачити та проаналізувати динаміку результатів будь-якої сесії. Ряд додаткових функцій було додано в модуль деканату в процесі подальшого розвитку АІС ЕУ (наприклад, списки боргів за результатами сесій, усереднені показники здачі сесій за групами або спеціальностями, формування даних для друку додатків до дипломів тощо).

Наступний модуль – це «кафедра». Він дозволив відповідальним співробітникам кафедри на основі навчальних планів здійснювати закріплення дисциплін за викладачами, а також контролювати результати складання сесій з усіх дисциплін кафедри. На основі цієї інформації в модуль навчального відділу була додана функція формування електронного розкладу занять.

Далі нами були розроблені модулі «викладач» та «студент». Для викладачів ми підключили можливість індивідуального заповнення електронних відомостей із закріплених дисциплін, сформованих деканатами. Також викладачі отримали можливість перегляду розкладу занять, списку дисциплін кафедри на будь-який семестр, який формувався методом сканування навчальних планів усіх спеціальностей за ознакою закріпленої кафедри. Надалі модуль викладача було суттєво розширено підсистемою рейтингової системи роботи викладачів, розробленою співробітниками нашого університету. Далі в модуль був доданий додаток, розроблений на основі фреймворку ExtJs, що дозволяє автоматизувати накопичення даних щоденної

діяльності кожного викладача – «електронний журнал». Викладач періодично виставляє оцінки з усіх видів діяльності студентів на своїх навчальних заняттях відповідно до системи ваги кожного виду діяльності (наприклад, лабораторної роботи або семінарського заняття), прийнятої в нашому університеті. Підсумковий бал за дисципліну для кожного студента автоматично обчислюється в електронному журналі на основі формул, розроблених навчально-методичним відділом університету. Також до модуля викладача додано можливість формувати у базі даних робочу програму з кожної закріпленої за викладачем дисципліни. Вся інформація з електронних журналів або робочих програм доступна деканатам та студентам.

Модуль студента дозволяє кожному студенту, який авторизувався в системі, переглядати свої персональні дані, свій індивідуальний навчальний план, оцінки в електронному журналі для всіх занять, результати складання сесій, розклад занять. Надалі було додано функцію формування індивідуального навчального плану самим студентом шляхом вибору певних дисциплін з відповідних списків, які пропонують кафедри та деканати. Особливістю створеного модуля є автоматизований підхід до формування робочих навчальних планів з урахуванням реалізації вільного вибору студентами частини дисциплін. У студента є можливість обирати дисципліни із загального каталогу, з урахуванням кількості кредитів ECTS, рекомендованої у навчальному плані спеціальності для поточного семестру, а також повторне здійснення вибору за необхідності. Дане обмеження є важливим для обробки випадків, коли кількість студентів, що обирають дисципліну, є меншою за мінімально допустиму для формування групи.

У АІС ЕУ для організації процесу забезпечення вибору студентами вибіркового дисциплін (ВД) сформовано загальну псевдоспеціальність, для якої формується відповідний щорічний навчальний план, елементами якого є дисципліни каталогу вибіркового дисциплін (рис. 1).

Навчальні плани по спеціальностях								
Головна	Довідники	Навчальні плани	Звіти	Пошук	Документообіг	Архів	Розклад	
<b>Факультети</b>								
Назва		Скороч.						
Хмельницький національний університет		ХНУ						
<b>Спеціальності</b>								
Шифр	Спеціальність	Опис			Форма			
ВД	Загальна	Псевдо-спеціальність (для вибіркового дисциплін)			Денна			
<b>Кваліфікаційні рівні</b>								
Назва								
Бакалавр								
<b>Навчальні плани</b>								
Рік		2022						
<b>Дисципліни навчального плану</b>								
<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	№	Дисципліна			Обов.	Види контролю	Кільк. кред.
<b>Вибіркові дисципліни (ВД)</b>								
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		"Земельне право України"			✓	залік	4,00
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		"Нотаріат в Україні"			✓	залік	4,00
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		"Фінансове право України"			✓	залік	4,00
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Administration, diagnosis and protection of computer systems and networks			✓	залік	8,00
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Artificial intelligence			✓	залік	8,00
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		Cloud technologies			✓	залік	8,00

Рис. 1. Навчальні плани загальної псевдоспеціальності «ВД» за кваліфікаційними рівнями та навчальними роками

Формування каталогу вибіркових дисциплін відбувається кафедрами університету. Після подання кафедрами пропозицій щодо вибіркових дисциплін, вони перевіряються та затверджуються заступниками деканів з навчальної роботи відповідних факультетів під контролем навчального відділу, що в результаті трансформує пропозиції ВД в елементи навчального плану псевдоспеціальності ВД. Елементи цього навчального плану формуються відповідальними на кафедрах особами (з відповідними ролями в АІС ЕУ). Додавання дисципліни відбувається через інтерфейс системи (рис. 2).

Окрім основних параметрів дисципліни (кількість кредитів за шкалою ЄКТС, розподілом часового навантаження тощо) можна зазначити й такі, як «у якому семестрі вивчається», «кількість семестрів для вивчення», а також визначення «пререквізитних дисциплін» (дисципліни, попереднє вивчення яких вимагає дана), надання «рекомендацій для певних спеціальностей» тощо.

**Нова вибіркова дисципліна**

\*Дисципліна:

Одноразово клацніть по полю списку і почекайте, поки сформується список дисциплін. Шукайте потрібну назву або за алфавітом, або просто почніть вводити назву у полі фільтру. Якщо точну назву не пам'ятаєте, то у полі фільтру вводьте ключові слова цієї назви.

\*Кількість кредитів:

\*Загальна кількість годин:

\*Кількість годин на тиждень:  - лекцій,  - лабораторних робіт,  - практичних занять

\*Максимальна кількість студентів для запису на курс (ліміт):  (0 - без обмежень) Якщо ліміт перевищено - студенту відмовляється у виборі дисципліни

\*Мінімальна кількість студентів для запису на курс (рекомендована):  (0 - визначає деканат) Якщо дисципліна планується для спеціальності з малою кількістю

\*У якому семестрі вивчається:  (показ. студенту у відповід. семестрах; для 2-х семестрових (див. наступ.

\*Кількість семестрів для вивчення:  (якщо 2 сем., то при виборі додається студенту до об

\*Курс, з якого можна починати вивчення дисципліни:  (показуватиметься студентам, починаючи тільки з вказаного курсу; корисно дл

\*Види контролю:

**Необов'язкові параметри**

Викладачі, яких планується залучити до занять з цієї дисципліни у цьому навчальному році:

Попередні дисципліни, вивчення яких вимагає вибіркова дисципліна:

Створюйте тільки список дисциплін першого рівня.

Рис. 2. Фрагмент інтерфейсу додавання нової ВД

Каталог вибіркових дисциплін кафедри містить вичерпну інформацію про дисципліну: наявність анотації до неї, список студентів, які її обрали, параметри навчального потоку, запланованих викладачів, рекомендації для спеціальностей, а також статистику вибору її іншими студентами (рис. 3).

	Анотація	П	Н	Затверджено	Дисципліна	Кафедра	Види контролю	Кільк. кред.	Кількість годин на тиждень			Макс. кільк. студентів	Мін. кільк. студентів	Вивч. у сем.	Кільк. сем.	Поч. вивч. з курсу	Плануються викладачі	Попередні дисципліни для вивчення	Дисципліна рекомендується для спеціальностей	Студентів, що обрали цю дисц. 1сем/2сем	Студентів, яких затверд. цю дисц. 1сем/2сем	Примітка
									заг.	лек.	лаб.											
	Алгоритми та структури даних у системах захисту		1	✓	✓	Кафедра кібербезпеки	залік	8.00	240	2.00	3.00	0.00	60	25	2	1	Без обмеж.		Кибербезпека			
	Безпека інтернету речей		2	✓	✓	Кафедра кібербезпеки	залік	8.00	240	2.00	3.00	0.00	60	15	2	1	3		Комп'ютерна інженерія, Кибербезпека	0/20	0/20	
	Веб-технології		3	✓	✓	Кафедра кібербезпеки	залік	8.00	240	2.00	3.00	0.00	60	15	1	1	3		Комп'ютерна інженерія, Кибербезпека			
	Захист інформації в комп'ютерних системах		4	✓	✓	Кафедра кібербезпеки	залік	8.00	240	2.00	3.00	0.00	60	5	1	1	Без обмеж.		Кибербезпека	8/0	8/0	

Рис. 3. Фрагмент списку ВД кафедри та засоби управління його елементами

З точки зору студента, інтерфейс вибору ВД має такий вигляд: студент може обирати дисципліни зі списку рекомендованих для його спеціальності, або із загального пулу вибіркового дисциплін, представлених кафедрами на поточний навчальний рік (рис. 4, а). Кожний крок студента під час здійснення такого вибору містить пояснювальну та статистичну інформацію, що дозволяє користувачу системи інтуїтивно виконувати необхідні дії.

Вибіркові дисципліни з розділу рекомендованих та загального списку містять широкий спектр характеристик дисципліни (назву, кафедру викладання, кількість кредитів та їх розподіл за видами робіт, список викладачів тощо), а також засоби формування опису дисципліни у вигляді pdf-файлу (засобами JasperReports) і швидкого перегляду анотації дисципліни (на базі аґах-запитів) (рис. 4, б).

**Виберіть категорію дисциплін**  
 Спочатку зробіть вибір на 1-й семестр з категорії **Рекомендовані** або **Усі**. Сума кредитів відмічених вами дисциплін має відповідати плановій кількості кредитів. Далі аналогічно зробіть вибір на 2-й семестр. Після того, як кількість обраних кредитів відповідатиме плановій кількості в обох семестрах - ваш вибір завершений. Якщо ви помилилися у виборі, перейдіть до пункту **Вже обрані**, видаліть помилкову дисципліну, поверніться назад та зробіть новий вибір. Значок аркушу ліворуч від посилання **Рекомендовані** допоможе роздрукувати заяву на обрані дисципліни. Клацніть по значку і почекайте, поки сформується PDF файл.

	Навчальний рік	Семестр	Кількість вибіркового кредитів за планом	Кількість кредитів обраних студентом	Кількість кредитів затвердж. деканатом
<input type="checkbox"/> Рекомендовані	2022-2023	1	8.00		
<input type="checkbox"/> Рекомендовані		2	16.00		

? Записи: 1 - 2 (всього 2)

а) початкова сторінка студента при виборі дисципліни

Навчальний рік	Семестр	Кількість вибіркового кредитів за планом	Кількість кредитів обраних студентом	Кількість кредитів затвердж. деканатом
2022-2023	1	8.00		

**Каталог рекомендованих вибіркового дисциплін університету, що затверджені деканатами**  
 Тут ви можете переглянути список вибіркового дисциплін, що рекомендовані для вашої спеціальності, відмітити (галочками ліворуч) та додати (кнопка внизу таблиці) пот Списки дисциплін у 1-му та 2-му семестрах можуть відрізнятися. Якщо обрана дво семестрова дисципліна (параметр "Кільк. семестрів" = 2) - її буде додано до 1-го та 2 Для швидкого пошуку дисциплін можна скористатися фільтром (значок воронки ліворуч у шапці таблиці). Для повернення до попередньої таблиці - клацніть по її заголі **Зауважте, у каталозі не відображатимуться дисципліни, які Ви вже обирали у минулому, а також ті, вивчення яких передбачене навчальним планом**

	<input type="checkbox"/>	N	Дисципліна	Кафедра	Види контролю	Кільк. кред. у сем.	Кільк. семестрів	Загал. кільк. кред.	Кількість годин			Макс.кільк. студ. для запису	Мін.кільк. студ. для запису	Студентів, що обрали цю дисц. 1сем/2сем	Студентів, яким затвердж. цю дисц. 1сем/2сем	
									заг.	лек.	лаб.					пр.
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1	Бізнес-планування	Кафедра менеджменту та адміністрування	залік	4.00	1	4.00	120	1.00	0.00	1.00	Без обмеж.	Визначає деканат		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2	Обробка інформації з обмеженим доступом	Кафедра кібербезпеки	залік	8.00	1	8.00	240	2.00	0.00	3.00	25	2		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3	Проектування програмних систем захисту інформації	Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем	залік	8.00	1	8.00	240	2.00	2.00	1.00	100	1		
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4	Розробка комп'ютерних систем на Java платформі	Кафедра кібербезпеки	залік	8.00	1	8.00	240	2.00	3.00	0.00	50	2		

? Записи: 1 - 4 (всього 4)

Додати відмічені дисципліни до списку моїх вибіркового дисциплін

б) каталог рекомендованих вибіркового дисциплін

Рис. 4. Фрагменти інтерфейсу користувача ролі «Студент» при виборі вибіркового дисципліни

Короткий опис дисциплін містить основні характеристики дисципліни та відображається у спливаючому псевдовікні, для оперативного перегляду студентом такої інформації (рис. 5).

**Назва дисципліни:** Аспекти тестувань на проникнення та етичний хакінг  
**Кредити ЄКТС:** 8,00

Введення в етичний хакінг. Методологія тестування на проникнення. Основи етичного хакінгу та тестування на проникнення. Інструменти збору інформації для тестування на проникнення. Базові методи використання спеціалізованого програмного забезпечення. Тестування на проникнення бездротових мереж. Стрес-тести мережі. Аналіз вразливостей в веб-додатках. Соціальна інженерія.

**Запланована аудиторна робота:** не менше 1/3 від загального обсягу дисципліни.

*Рис. 5. Фрагмент спливаючого псевдовікна з анотацією дисципліни*

Студенти, здійснюючи свій вибір, заповнюють посеместровий кредитний стек, розмір якого визначається навчальним планом для кожної конкретної спеціальності на кожний навчальний рік. Оскільки, кожна ВД представлена персональним кредитним коефіцієнтом, то вибір дисциплін студентом вважається завершеним, якщо сума таких коефіцієнтів посеместрово дорівнює кредитним посеместровим стекам навчального плану студента.

Після завершення термінів здійснення процесу вибору, деканати факультетів аналізують розподіл студентів за дисциплінами, якщо кількість студентів достатня, то вибір студентів фіксується. Якщо студентів для формування потоку по дисципліні недостатньо – їх вибір скасовується і для цих студентів проводиться наступний етап вибору – уже без урахування таких дисциплін. Якщо ж і після цього неможливо сформувати відповідні потоки по дисциплінам, заступники деканів з навчальної роботи в межах свої факультетів мають змогу здійснити вибір для студентів. На завершення процедури вибору – затверджені дисципліни додаються до відповідних робочих планів та потрапляють до індивідуальних планів студентів.

Інструменти та засоби модуля «Вибіркові дисципліни» постійно вдосконалюються і зараз доступні в межах відповідних компетентностей у ІС для студентів, викладачів, кураторів груп, працівників деканатів, кафедр, інших підрозділів.

Надалі АІС ЕУ може розширюватись додатковими модулями, інтегруючи в такий спосіб діяльність нових структурних підрозділів та розширюючи їх функціонал. Для цього додається відповідна структура до бази даних (одна або кілька пов'язаних таблиць) та відповідний модуль для формування серверного та клієнтського інтерфейсу. Зазвичай до нас звертаються відповідні служби університету, які, наприклад, хочуть бачити та аналізувати відповідну діяльність у навчальному процесі. Природно, основою такої інформації є структури, розроблені для модулів відділу кадрів, навчального відділу, деканату та викладачів.

Після впровадження АІС управління ЗВО і завершення періоду адаптації користувачів надзвичайно актуальним питанням постає надійність функціонування системи та висока доступність користувачів до системи в режимі, як прийнято говорити, 24/7. Ми матимемо на увазі, що мережа функціонує надійно та її пропускна здатність забезпечує всі потреби ІС. Тому ми поговоримо про основні аспекти програмно-апаратної архітектури такої системи.

Досвід експлуатації АІС ЕУ показав, що при розміщенні основних компонентів ІС (вебсервер + сервер баз даних) на одиночному сервері існують проблеми, що не дозволяють забезпечити постійний цілодобовий доступ до системи:

- 1) оновлення операційної системи та окремих сервісів ІС, коли сервер доводиться перезавантажувати або тимчасово припиняти роботу сервісів ІС, що оновлюються. Цей момент не є великою проблемою, якщо адміністратори виконують оновлення в некритичний для роботи користувачів час;

- 2) будь-яка система іноді дає збої або після оновлення програмного забезпечення раптом виявляються проблеми, пов'язані зі зміненими параметрами оновлених компонентів. У цих випадках система може виявитись тимчасово недоступною, іноді (залежно від складності проблеми) навіть на тривалий період;
- 3) після старіння апаратних компонентів різко зростає ймовірність відмов у роботі системи. Особливо це стосується жорстких дисків. Водночас будь-яка операційна система може почати поводитися досить неадекватно і виявити тоді справжню причину проблеми, що виникла, буває досить непросто. Одного разу у нас на жорстких дисках з'явилися пошкодження. У результаті система продовжувала працювати, але швидкість роботи різко впала, завантаження процесорів без видимої причини збільшилось майже на 100%. Виявити проблему виявилось непросто;
- 4) для надійного функціонування апаратури необхідно періодично проводити профілактичні регламентні роботи. Для одиночного сервера це також означає переривання в роботі ІС;
- 5) елементарне перевищення навантаження сервера, коли один сервер просто не справляється з великою кількістю користувачів, що звертаються до нього одночасно або в дуже короткий проміжок часу.

Основний рецепт підвищення надійності ІС у подібних ситуаціях – це дублювання і резервування як апаратних, так і програмних компонент. Зазвичай для надійної роботи жорстких дисків просто необхідно в таких випадках використовувати RAID-масиви як мінімум 1-го рівня (дзеркалювання). При програмних збоях пошкоджений диск автоматично виходить із масиву і система надсилає адміністратору відповідне повідомлення. Тоді можна спокійно виконати відновлювальні роботи та знову ввести диск у RAID-масив. При повному виході диска з ладу перерва в роботі ІС також може бути невеликою (вимикання сервера та заміна пошкодженого диска на справний з наступним введенням його в RAID-масив).

Для дублювання інших програмно-апаратних компонентів системи на сьогодні можна знайти досить недорогі кластерні рішення. Для організації кластера потрібно мінімум два апаратні сервери і відповідне програмне забезпечення для управління кластером. Тоді два або кілька фізичних серверів видно користувачам як єдина система в плані запитів та отримання відповідної інформації.

Найпростіший кластер – це кластер високої доступності, коли всі основні сервіси обох серверів дублюють один одного, але активним є тільки один. Інший сервер постійно працює та знаходиться в гарячому резерві. Менеджер кластера слідкує за всіма сервісами активного сервера. У разі виходу з ладу або зупинки будь-якого сервісу менеджер автоматично перемикає даний сервіс на резервний і система продовжує працювати. У цьому випадку дуже зручно робити оновлення програмного забезпечення або профілактичні роботи. Для цього достатньо вивести із кластера окремий сервер, виконати на ньому всі необхідні роботи та знову ввести його в кластер. Потім подібну процедуру можна провести з іншим сервером кластера.

Однак для HA-кластерів не вирішується проблема перерозподілу навантаження в разі його перевищення для окремого сервера. У таких випадках до кластера додається так званий балансувальник навантаження (рис.6).

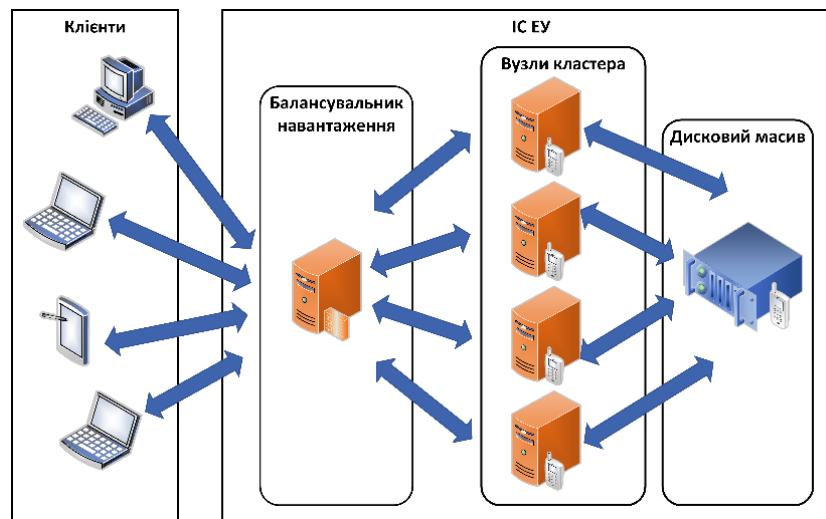


Рис. 6. Класична схема кластера з балансувальником навантаження

Тут балансувальник навантаження – це окремий сервер, який користувачі бачать як «точку входу» в систему. Вузли кластера представляють собою окремі сервери, які дублюють різні компоненти системи. Дуже важливим моментом є «дисковий масив», який мають «бачити» всі вузли кластера. Тоді кожен окремий вузол отримує доступ до однієї і тієї ж інформації системи на диску (наприклад, до сайту або бази даних). Для підвищення надійності системи балансувальник навантаження також повинен дублюватися, тобто може бути організований окремий відмовостійкий кластер спеціально для балансувальника.

Таке рішення може бути досить дорогим, особливо за наявності окремого апаратного дискового масиву. Чи можна обійтися просто двома окремими серверами і отримати за таких умов відмовостійкий кластер з балансуванням навантаження? Виявляється, можна.

Для своєї системи за наявності двох однакових серверів (до речі, у загальному випадку сервери можуть і відрізнятися один від одного за апаратною конфігурацією) ми використовували операційну систему Linux (CentOS-6.5) та програмне забезпечення для управління кластером, запропоноване clusterlabs.com. Дане рішення є відкритим, безкоштовним та досить надійним.

На обидва вузли кластера встановлюється менеджер кластера `pacemaker`, який використовує сервіс `corosync` для стеження за окремими сервісами системи. На кожному вузлі кластера встановлюється статична реальна IP-адреса. Також необхідна третя IP-адреса, до якої звертатимуться користувачі і яка буде «плаваючою» між окремими вузлами. Менеджер `pacemaker` надає спеціальний ресурс `IPAddr`, який встановлюється на обидва вузли, але активується тільки одному з них. Цьому ресурсу ми і призначаємо третю «кластерну» IP-адресу. Також на обидва вузли встановлюються балансувальники навантаження (наприклад, `HAProxy` для вебсервера або `PgPool-II` для сервера баз даних `PostgreSQL`). Балансувальник зв'язується з кластерною IP-адресою. Тому відповідатиме також лише один балансувальник, другий перебуватиме в резерві. У конфігурації кожного балансувальника вказується, що навантаження ділиться між відповідними сервісами обох вузлів. Сервіси вебслужб і баз даних встановлюються на обидва вузли з однаковою конфігурацією. Водночас `pacemaker` стежить за тим, щоб під час підняття кластера ці послуги активувались на обох вузлах.

Подальша схема роботи досить проста. Нехай, наприклад, кластерна IP-адреса (а значить, і балансувальник навантаження) піднялася на першому вузлі. Тоді саме він і



відповідатиме всім користувачам. Отримавши запит, балансувальник перенаправляє його або сервісу першого вузла (собі самому), або сервісу другого вузла (за статичними IP-адресами), стежачи за тим, щоб кількість запитів розподілялась рівномірно. Оскільки основні функції балансувальника (frontend) – це стеження і перенаправлення, окремий сервіс, що балансує, здатний обробити величезну кількість запитів від користувачів. Основне навантаження лягає на кінцеві сервіси (backend), між якими і перерозподіляються запити, а отже, здатність навантаження кластера зростає як мінімум у 2 рази. Якщо, наприклад, один із вузлів кластера необхідно відправити на профілактичні роботи, ми просто виводимо його з кластера. Водночас усі сервіси автоматично мігрують на інший вузол (разом із кластерною IP-адресою та балансувальником). Тепер користувачам відповідатиме лише другий сервер. Балансувальник визначить, що «живими» є лише сервіси на ньому самому і всі запити перенаправлятимуться лише їм. Фактично тепер кластер працює як одиночний сервер. Але користувачі практично нічого не помітять, особливо якщо навантаження на кластер у цей момент невелике. Ми спокійно займаємося першим сервером і після закінчення всіх робіт завантажуюмо та вводимо його в кластер. Балансувальник, виявивши наявність додаткових сервісів, починає штатне балансування навантаження.

У такий же спосіб можна привести в порядок і інший вузол кластера. Водночас вся система залишається доступною для користувачів.

Як бачимо, поєднання резервування та балансування навантаження дозволяє значно збільшити як продуктивність усієї ІС, так і підвищити її надійність, забезпечивши постійний цілодобовий доступ користувачів за наявності лише двох окремих серверів.

Найбільш «тендітним» елементом кластера в нашому випадку є дисковий масив. У нас немає окремого апаратного пристрою. Тому організовано спеціальний кластерний RAID 1-го рівня за допомогою сервісу DRBD, коли на кожному вузлі знаходиться свій диск дзеркального масиву, який автоматично реплікується з великою швидкістю через додаткові гігабітні мережеві інтерфейси за будь-яких змін на будь-якому диску. Отже, кожен вузол має копію загального дискового сховища, яка майже миттєво синхронізується з іншим вузлом. Це «майже» і є цим крихким елементом.

Описане рішення успішно використовується нами майже 10 років і показало дуже високу ефективність та надійність. Недоступність ІС для користувачів в основному виникає через проблеми у внутрішній мережі або мережі нашого провайдера.

### **3. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Сучасні світові тенденції розвитку як освіти, так і управління освітніми закладами спрямовані на їх цифрову трансформацію. ЗВО необхідно вести роботу з вироблення стратегії щодо створення і розвитку власної інформаційної інфраструктури, яка є ключовим фактором конкурентоспроможності в умовах ринкової економіки.

Більш ніж 20-річний досвід Хмельницького національного університету практичної розробки, впровадження та розвитку АІС ЕУ показав життєздатність прийнятих фахівцями університету концепцій та принципів проектування модулів системи, особливо в умовах швидких змін у предметній галузі вищої освіти. АІС ЕУ постійно допрацьовується в напрямках якісного поліпшення і додавання нових функцій і можливостей. Ми можемо використовувати нові сучасні засоби розробки та впроваджувати їх у нашу ІС, додаючи нові модулі або поступово оновлюючи існуючі. Наші підходи дозволять наступним розробникам, які змінять нас у майбутньому, продовжувати розвиток ІС, поступово розширюючи її та модернізуючи. Цифровізація Хмельницького національного університету сприяє системній інтеграції навчально-

методичних напрацювань у різних сферах, а також доступу до інформаційно-освітніх ресурсів незалежно від місцезнаходження самого навчального та освітнього ресурсу чи послуги, а також можливість вибору індивідуальної освітньої траєкторії. Це, в підсумку, забезпечує ефективність навчального процесу та якість підготовки фахівців.

АІС ЕУ інтегрована з ІС «Модульне середовище для навчання», ІС, які забезпечують фінансову і господарську діяльність університету, ІС наукової бібліотеки і ЄДЕБО. Вона гарантує успішний та сталий розвиток Хмельницького національного університету, дозволяє не лише підвищити ефективність управління за рахунок автоматизації різних сфер діяльності, а й підняти управлінську культуру на сучасний рівень.

У результаті проведеної роботи накопичена велика кількість корисної інформації, виконано великий обсяг робіт зі створення, впровадження і розвитку АІС ЕУ, які можуть використовуватись у подальших дослідженнях. Результати проведеної роботи планується узагальнити для формування рекомендацій щодо проєктування і використання автоматизованих інформаційно-аналітичних систем управління ЗВО відповідно до змін освітньої політики в Україні.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] С. Л. Лондар, “Міжнародний досвід розвитку сучасних освітніх інформаційних систем”, *Освітня аналітика України*, т.1, № 5, с. 5-19, 2019. doi: <https://doi.org/10.32987/2617-8532-2019-1-5-19>.
- [2] L. M. C. Benavides, J. A. Tamayo Arias, M. D. Arango Serna, J. W. Branch Bedoya, and D. Burgos, “Digital Transformation in Higher Education Institutions: A Systematic Literature Review”, *Sensors*, vol. 20 (11), 3291, 2020. doi: <https://doi.org/10.3390/s20113291>.
- [3] M. Elhoseny, N. Metawa, and A. E. Hassanien, “An automated information system to ensure quality in higher education institutions” in *Proc. 12th International Computer Engineering Conference (ICENCO)*, 2016. doi: <https://doi.org/10.1109/icenco.2016.7856468>.
- [4] M. Kopp, O. Gröblinger and S. Adams, “Five Common Assumptions That Prevent Digital Transformation at Higher Education Institutions” in *Proc. 13th International Technology, Education and Development Conference, Valencia*, pp. 1448-1457, 11-13 March 2019. doi: <https://doi.org/10.21125/inted.2019>.
- [5] J. Khalid, B. R. Ram, M. Soliman, A. J. Ali, M. Khaleel, and M. S. Islam, “Promising digital university: A pivotal need for higher education transformation”, *International Journal of Management in Education*, vol. 12(3), pp. 264-275, 2018. doi: <https://doi.org/10.1504/ijmie.2018.092868>.
- [6] Adam Marks, Maytha AL-Ali, Reem Atassi, Abedallah Zaid Abualkishik, and Yacine Rezgui, “Digital transformation in higher education: a framework for maturity assessment”, *All Works*. 4073, 2020. [Online]. Available: <https://zuscholars.zu.ac.ae/works/4073>.
- [7] H. L. Mora, and P. P. Sanchez, “Digital Transformation in Higher Education Institutions with Business Process Management: Robotic Process Automation mediation model” in *Proc. 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*. 2020. doi: <https://doi.org/10.23919/cisti49556.2020.9140851>.
- [8] B. Bygstad, E. Øvreliid, S. Ludvigsen, and M. Dæhlen, “From dual digitalization to digital learning space: Exploring the digital transformation of higher education”, *Computers & Education*, vol.182, 104463, 2022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104463>.
- [9] М. О. Топузов, “Проєктування інформаційно-освітнього середовища навчальних закладів у сучасному суспільстві”, *Український педагогічний журнал*. № 1, с. 26-36, 2017. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://uej.undip.org.ua/index.php/journal/article/view/514/444>.
- [10] I. Teslia *et al*, “Development of systemotechnical concept of digitalization of higher education institutions”, *Eastern European Journal of Advanced Technologies*, vol. 6, no. 2(108), pp. 6-21, 2020. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.219260>.
- [11] М. В. Мокрієв, “Інтеграція навчально-наукових підсистем в єдине інформаційно-освітнє середовище (на базі відкритого програмного забезпечення)”, *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*, № 8, с. 60-71, 2020. doi: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2020.8.7>.
- [12] Ю. В. Триус, Г. О. Заспа, О. С. Кожем'якін, та А. В. Аширова, “Інформаційно-аналітична система підтримки освітньої діяльності структурних підрозділів закладів вищої освіти”, *Вісник*

- Черкаського державного технологічного університету*, № 4, с. 27-38, 2020. doi: <https://doi.org/10.24025/2306-4412.4.2020.219482>.
- [13] М. І. Шерман, Я. Б. Самчинська, та Ю. М. Корнієнко, “Розробка інформаційної системи професійної підготовки здобувачів вищої освіти в умовах цифрового освітнього середовища”, *Відкрите освітнє е-середовище сучасного університету*, №.11, с. 184-200, 2021. doi: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2021.1116>,
- [14] V. G. Grytsenko, O. M. Podolyan, L. I. Gladka, and I. V. Yustyk, “Automated Information-Analytical System for Training and Methodological Support to the University Courses: Implementation and Utilization”, *American Journal of Educational Research*, vol. 3, no. 12B, pp. 20-25, 2015. [Online]. Available: <http://pubs.sciepub.com/education/3/12B/5>.
- [15] В. Г. Гриценко, “Теоретико-методичні основи проектування та впровадження інформаційно-аналітичної системи управління університетом”, Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора педагогічних наук за спеціальністю 13.00.10 – інформаційно-комунікаційні технології в освіті (01 «Освіта / Педагогіка»), Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України. 2019. [Електронний ресурс]. Доступно: [https://lib.iitta.gov.ua/716524/2/dyser\\_Hrytsenko.pdf](https://lib.iitta.gov.ua/716524/2/dyser_Hrytsenko.pdf).
- [16] В. М. Гужва, “Цифрова трансформація університетів”, *Східна Європа: економіка, бізнес та управління*, № 4(21), с. 597-604, 2019. [Електронний ресурс]. Доступно: [http://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/21\\_2019/92.pdf](http://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/21_2019/92.pdf).
- [17] С. В. Чернишенко, та Ю. І. Воротницький, *Методологічні основи створення, впровадження і розвитку інтегрованої інформаційної системи управління університетом*. Суми: Сумський державний університет, 2015. [Електронний ресурс]. Доступно: [http://inure.nmu.org.ua/pdf/methodology\\_ua.pdf](http://inure.nmu.org.ua/pdf/methodology_ua.pdf).
- [18] М. М. Косіюк, А. Ю. Мазарчук, та К. Е. Більовський, “Досвід використання автоматизованої інформаційної системи в управлінні навчальним процесом університету”, *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 23, №3, 2011. doi: <https://doi.org/10.33407/itlt.v23i3.456>.
- [19] М. М. Косіюк, А. Ю. Мазарчук, та К. Е. Більовський, “Інтегрована система комп’ютерної підтримки університетського менеджменту”, *Інформаційні технології і засоби навчання*, т. 50, №6, с. 108-119, 2015. doi: <https://doi.org/10.33407/itlt.v50i6.1266>.

*Матеріал надійшов до редакції 06.10.2022 р.*

## AUTOMATED INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM OF HIGHER EDUCATION INSTITUTION «ELECTRONIC UNIVERSITY»

### **Mykola M. Kosiyuk**

PhD of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Mechanical Engineering Technology Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine  
ORCID ID 0000-0003-4823-7800  
[kosiyukm@khnmu.edu.ua](mailto:kosiyukm@khnmu.edu.ua)

### **Kostiantyn E. Bilovskyi**

PhD in Economics, Associate Professor at the Department of Automated Systems and Modeling in Economy Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine  
ORCID ID 0000-0001-8205-7614  
[constantin.belovsky@gmail.com](mailto:constantin.belovsky@gmail.com)

### **Viktor M. Lysak**

PhD in Economics, Senior Lecturer, Department of International Economics Relations  
Senior Engineer, Software Development Department  
Khmelnytskyi National University, Khmelnytskyi, Ukraine  
ORCID ID 0000-0001-5352-7090  
[lysak.viktor@khnmu.edu.ua](mailto:lysak.viktor@khnmu.edu.ua)

**Abstract.** The article deals with the development and implementation of information systems for managing the activities of a higher education institution under the conditions of digital transformation. In recent years, in the conditions of increased competition, an important feature of the field of higher education is a systematic approach to the automation of management of all processes that take place in it. Digitalization of these processes is one of the most effective tools.

The purpose of the study is to generalize 20 years of experience in forming the «Electronic University» information system of the Khmelnytskyi National University to determine recommendations for integrated information systems for computer support of administrative and educational activities of higher education institutions. Issues of rational organization of university management and the educational process using modern information technologies were discussed. The main business processes and the functional structure of the information system, the main tasks that the information system solves, the adopted architectural decisions, the principles of building an effective database structure, development tools, generating reports, programming languages, etc. are considered. There is a justified need and the possibility of storing data that reflects the history of all changes. This provides the possibility of obtaining a slice of data or the state of an information object at any moment by means of calculations in the database. It makes it possible to get any statistics for any interval or at any time. On the basis of the automated system for organizing the educational process «Electronic University» an automated approach to the formation of working curricula of a higher education institution is proposed, taking into account the implementation of students' free choice of some disciplines. Ensuring the reliability of the functioning of the information system is an extremely urgent issue. Instead of expensive hardware cluster solutions, a combination of replication and load balancing is proposed. This allows you to significantly increase the productivity of the entire information system and its efficiency, ensuring constant round-the-clock user access with only two servers. Many years of experience in building the IT infrastructure of the university, methodical and technological developments are described, as well as appropriate recommendations are provided. Innovative management of the educational process contributes to the optimization of the educational process and high-quality training of specialists at Khmelnytskyi National University.

**Keywords:** information computer technologies; information system; digitization; software; university management.

## REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

- [1] S. L. Londar, “International experience in the development of modern educational information systems”, *Educational Analytics of Ukraine*, vol.1, no. 5, pp. 5-19, 2019. doi: <https://doi.org/10.32987/2617-8532-2019-1-5-19> (in Ukrainian).
- [2] L. M. C. Benavides, J. A. Tamayo Arias, M. D. Arango Serna, J. W. Branch Bedoya & D. Burgos, “Digital Transformation in Higher Education Institutions: A Systematic Literature Review”, *Sensors*, vol. 20 (11), p. 3291, 2020. doi: <https://doi.org/10.3390/s20113291> (in English).
- [3] M. Elhoseny, N. Metawa, A. E. Hassanien, “An automated information system to ensure quality in higher education institutions” in *Proc. 12th International Computer Engineering Conference (ICENCO)*, 2016. doi: <https://doi.org/10.1109/icenco.2016.7856468> (in English).
- [4] M. Kopp, O. Gröbinger and S. Adams, “Five Common Assumptions That Prevent Digital Transformation at Higher Education Institutions” in *Proc. 13th International Technology, Education and Development Conference, Valencia*, pp. 1448-1457, 11-13 March 2019. doi: <https://doi.org/10.21125/inted.2019> (in English).
- [5] J. Khalid, B. R. Ram, M. Soliman, A. J. Ali, M. Khaleel, M. S. Islam, “Promising digital university: A pivotal need for higher education transformation”, *International Journal of Management in Education*, vol. 12(3), pp. 264-275, 2018. doi: <https://doi.org/10.1504/ijmie.2018.092868> (in English).
- [6] Adam Marks, Maytha AL-Ali, Reem Atassi, Abedallah Zaid Abualkishik and Yacine Rezgui, “Digital transformation in higher education: a framework for maturity assessment”, *All Works*. 4073, 2020. [Online]. Available: <https://zuscholars.zu.ac.ae/works/4073> (in English).
- [7] H. L. Mora, P. P. Sanchez, “Digital Transformation in Higher Education Institutions with Business Process Management: Robotic Process Automation mediation model” in *Proc. 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2020. doi: <https://doi.org/10.23919/cisti49556.2020.9140851> (in English).
- [8] B. Bygstad, E. Øvrelid, S. Ludvigsen, and M. Dæhlen, “From dual digitalization to digital learning space: Exploring the digital transformation of higher education”, *Computers & Education*, vol.182, 104463, 2022. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104463> (in English).
- [9] N. Topuzov, “Designing of educational environment of educational institutions in modern society”, *Ukrainian pedagogical journal*, no. 1, pp. 26-36. 2017. [Online]. Available: <https://uej.undip.org.ua/index.php/journal/article/view/514/444> (in Ukrainian).

- [10] I. Teslia *et al*, “Development of systemotechnical concept of digitalization of higher education institutions”, *Eastern European Journal of Advanced Technologies*, vol. 6, no. 2(108), pp. 6-21, 2020. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.219260> (in English).
- [11] M. V. Mokriiev, “Integration of educational subsystems in an all-in-one information and education environment (with open source software)”, *Open educational e-environment of modern university*, no. 8, pp. 60-71, 2020. doi: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2020.8.7> (in Ukrainian).
- [12] Y. V. Tryus, H. O. Zaspа, O. S. Kozhemiakin, and A. V. Ashyrova, “Information and analytical system for educational activities support of structural divisions of higher education institutions”, *Bulletin of Cherkasy State Technological University*, no.4, pp. 27-38, 2020. doi: <https://doi.org/10.24025/2306-4412.4.2020.219482> (in Ukrainian).
- [13] M. Sherman, Y. Samchynska, and Y. Korniienko, “Development of an information system for professional training of students in digital educational environment”, *Open educational e-environment of modern university*, no. 11, 2021. pp. 184-200. doi: <https://doi.org/10.28925/2414-0325.2021.1116> (in Ukrainian).
- [14] V. G. Grytsenko, O. M. Podolyan, L. I. Gladka, and I. V. Yustyk, “Automated Information-Analytical System for Training and Methodological Support to the University Courses: Implementation and Utilization”, *American Journal of Educational Research*, vol. 3, no. 12B, pp. 20-25, 2015. [Online]. Available: <http://pubs.sciepub.com/education/3/12B/5> (in English).
- [15] V. G. Hrytsenko, “Theoretical and methodical bases of designing and implementation of information-analytical system of university management”, Ph. D. dissertation, 13.00.10 Information and Communication Technologies in Education» (01 «Education / Pedagogics»). 2019. [Online]. Available: [https://lib.iitta.gov.ua/716524/2/dyser\\_Hrytsenko.pdf](https://lib.iitta.gov.ua/716524/2/dyser_Hrytsenko.pdf) (in Ukrainian).
- [16] V. M. Huzhva, “Universities Digital Transformation”, *Eastern Europe: Economics, Business and Management*, no. 4(21), pp. 597-604, 2019. [Online]. Available: [http://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/21\\_2019/92.pdf](http://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/21_2019/92.pdf) (in Ukrainian).
- [17] S.V. Chernyshenko, and Yu. I. Vorotnytskyi, *Methodological foundations of the creation, implementation, and development of an integrated information system of university management*. Sumy: Sumy State University. 2015. [Online]. Available: [http://inure.nmu.org.ua/pdf/methodology\\_ua.pdf](http://inure.nmu.org.ua/pdf/methodology_ua.pdf) (in Ukrainian).
- [18] M. M. Kosiyuk, A. Y. Mazarchuk and K. E. Bilovskyi, “Experience of the automated information systems in management of educational process of the university”, *Information Technologies and Learning Tools*, vol. 23, no. 3, 2011. doi: <https://doi.org/10.33407/itlt.v23i3.456> (in Ukrainian).
- [19] M. M. Kosiyuk, A. Y. Mazarchuk and K. E. Bilovskyi, “Integrated computer support of university management”, *Information Technologies and Learning Tools*, vol. 50, no. 6, pp. 108-119, 2015, doi: <https://doi.org/10.33407/itlt.v50i6.1266> (in Ukrainian).

