

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАСПА ГРИГОРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ



УДК 004.02:378

**КОНЦЕНТРИЧНА ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ
ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ОСВІТНЬОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАКЛАДІВ
ВИЩОЇ ОСВІТИ**

05.13.06 – інформаційні технології

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Черкаси – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Черкаському державному технологічному університеті Міністерства освіти та науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Тесля Юрій Миколайович,
Черкаський державний технологічний університет,
професор кафедри інформаційних технологій
проектування

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Павленко Петро Миколайович,
Національний авіаційний університет,
завідувач кафедри механіки

кандидат технічних наук
Андрашко Юрій Васильович,
Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський
національний університет»,
доцент кафедри системного аналізу і теорії оптимізації

Захист відбудеться "21" квітня 2021 р. о 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 73.052.04 в Черкаському державному технологічному університеті за адресою: бул. Шевченка, 460, 18006, м. Черкаси.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Черкаського державного технологічного університету за адресою: бул. Шевченка, 460, 18006, м. Черкаси.

Автореферат розісланий "19" березня 2021 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



Ю.Ю. Бондаренко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Світові тенденції розвитку як освіти, так і управління закладами освіти, спрямовані на перехід до цифрової трансформації. Це означає, що всі освітні, наукові, управлінські та інші процеси закладу вищої освіти (ЗВО) повинні повністю переходити в цифрове середовище. Без цифрової трансформації заклад вищої освіти не може ефективно організувати якісний освітній процес та дистанційну роботу своїх підрозділів з документами, не може нормально функціонувати в конкурентних умовах, що негативно впливає на студентів, викладачів, співробітників.

Традиційні підходи до автоматизації діяльності ЗВО втратили ефективність і вже не можуть задовольнити сучасні вимоги. Автоматизовані системи навчання, управління, обліку і т.д. не тільки не вирішують всіх задач ЗВО, вони ще й розділяють інформаційний простір по окремим «коміркам», у відповідності з тими функціональними задачами, для вирішення яких потрібна та чи інша інформація. Зазвичай це розрізнені інструменти, які не об'єднані в єдину систему вирішення функціональних задач ЗВО. І, звичайно, такий підхід не дозволяє ефективно реалізувати проєкти цифровізації, не дозволяє створити єдину систему побудови цифрових університетів. Потрібні нові підходи, нові концепції цифрової трансформації закладів вищої освіти. Підходи, які дозволять об'єднати всі процеси створення і використання програмно-інформаційних засобів задля побудови цифрових університетів.

Тому виникає актуальна наукова задача, яка полягає в розробці методів і моделей цифровізації закладів вищої освіти на основі об'єднання всіх функцій, процедур і інформаційних баз в єдину концентричну інформаційну технологію цифрової трансформації освітньої діяльності ЗВО.

Теоретичні та прикладні аспекти розроблення методів, моделей та засобів цифровізації представлені в роботах В.Ю. Бикова, В. М. Глушкова, В.І. Гриценка, В.Г. Гриценка, М.З. Згуровського, Н. Ю. Єгорченкової, О. В. Співаковського, Ю.М. Теслі, І.Б. Трегубенко, А.А. Тимченка, Ю. В. Триуса та інших вчених.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана в Черкаському державному технологічному університеті і пов'язана з вирішенням задач створення та впровадження технології цифрової трансформації освітньої діяльності закладів вищої освіти.

Дисертація відповідає тематичному спрямуванню наукових розробок у рамках науково-дослідних робіт «Інформаційно-аналітична система контролю та оцінювання навчальної діяльності студентів ВНЗ» (№ держреєстрації 0109U006094) та «Розробка інформаційно-аналітичної системи підтримки освітньої діяльності структурних підрозділів ЗВО» (№ держреєстрації 0118U002315), в яких автор брав участь як виконавець.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності освітньої діяльності ЗВО за рахунок створення та використання концентричної інформаційної технології цифрової трансформації освітньої діяльності ЗВО, яка буде інтегрувати всі інформаційні бази, методи та засоби вирішення функціональних задач закладу вищої освіти в єдиний цифровий простір.

Для досягнення поставленої мети в дисертації визначена необхідність виконання наступних завдань:

- проведення аналізу інформаційних технологій реалізації і управління освітньою діяльністю ЗВО;
- розробка концепції побудови концентричної моделі інформаційної технології цифрової трансформації закладів вищої освіти;
- розробка концентричної моделі інформаційного середовища та інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО;
- створення моделі міжшарової взаємодії в концентричній інформаційній технології цифрової трансформації ЗВО;
- розробка методу формування інформаційної технології вирішення функціональних задач закладів вищої освіти;
- створення методу управління інформацією закладів вищої освіти;
- практична реалізація концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО.

Об'єктом дослідження є процеси цифрової трансформації освітньої діяльності закладів вищої освіти.

Предметом дослідження є концентрична інформаційна технологія цифрової трансформації освітньої діяльності закладів вищої освіти.

Науково-прикладна задача створення концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО вирішувалась у рамках сучасних концепцій створення інформаційних технологій і систем.

Методи досліджень ґрунтувалися на використанні теорії систем, методів системного аналізу для визначення та опису компонентів предметної галузі; теорії моделювання та методів математичного моделювання з метою побудови моделі концентричної інформаційної технології; теорії графів для розроблення структур концентричної інформаційної технології; методів системотехніки для створення та впровадження концентричної інформаційної технології; методів управління проектами для аналізу програми цифрової трансформації закладів вищої освіти.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному.

- вперше розроблено концепцію концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО, яка включає п'ятишарову структуру цієї технології, понятійний апарат та принципи її побудови, технологічну класифікацію наповнення цифрового простору, що створює науково-методичний базис для побудови моделей і методів концентричної інформаційної технології цифрової трансформації закладів вищої освіти;

- вперше розроблено концентричну модель інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО, яка дозволяє інтегрувати методи і засоби управління інформацією задля створення єдиного цифрового простору освітньої діяльності ЗВО;

- вперше розроблено метод управління інформацією закладів вищої освіти, в основу якого покладено процедуру виділення стандартних інструментів формування інформаційного середовища ЗВО, що дозволяє створювати універсальні

інструменти цифровізації процесів освітньої діяльності ЗВО, незалежні від складу і специфіки побудови засобів вирішення функціональних задач;

- удосконалено модель міжшарової взаємодії в концентричній інформаційній технології цифрової трансформації ЗВО, яка визначає необхідні зміни в технології обробки інформації в одному шарі, при змінах в інформаційній технології іншого шару, що дозволяє гнучко реагувати на розвиток освітнього середовища ЗВО з метою максимального задоволення інформаційних потреб закладів вищої освіти;

- отримав подальший розвиток метод формування інформаційної технології вирішення функціональних задач закладів вищої освіти, який відрізняється від інших використанням інформаційного базису системи управління інформацією, що дозволяє мінімізувати витрати на вирішення функціональних задач цифрової трансформації ЗВО.

Практичне значення отриманих результатів. На основі наукових результатів, отриманих автором, розроблено практичні інструменти концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО.

Розроблено концентричну структуру інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО. Визначено схему міжшарової взаємодії та схему наповнення інформацією цифрового простору ЗВО. Розроблено алгоритми та програмні засоби цифрової трансформації ЗВО. Запропоновано схему реалізації засобів концентричної інформаційної технології для управління освітньою діяльністю ЗВО.

Сформовано технологічний компонент процесів цифрової трансформації ЗВО.

Запропоновані концепцію, моделі та методи концентричної інформаційної технології було використано при створенні інформаційно-аналітичної системи підтримки освітньої діяльності (ІАСПОД) в Черкаському державному технологічному університеті. У рамках цієї системи було розроблено: структури баз даних, що складають шари нормативно-довідкової інформації та функціональної інформаційної бази; алгоритми реалізації методу управління інформацією та методу формування інформаційної технології вирішення функціональних задач закладів вищої освіти; програмне забезпечення, що реалізує алгоритми методу управління інформацією та методу формування інформаційної технології вирішення функціональних задач; програмне забезпечення, що реалізує шар технології управління інформацією; програмне забезпечення, що реалізує шар технології вирішення функціональних задач у формі функціональних модулів деканату, навчально-методичного відділу (НМВ), мобільного додатку «Студент ЗВО»; програмне забезпечення, що реалізує шар технології забезпечення діяльності ЗВО (довідка про впровадження від 22.12.2020).

Практичне значення результатів дисертаційного дослідження підтверджується проведеними експериментальними дослідженнями, збігом отриманих результатів із запланованими при створенні концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО.

Проведені дослідження були використані при розробці методичного забезпечення навчального процесу в Черкаському державному технологічному університеті для підготовки бакалаврів і магістрів за спеціальностями 121 – Інженерія програмного забезпечення в рамках дисциплін «Об'єктно-орієнтоване програмування», «Конструювання програмного забезпечення», «Об'єктно-

орієнтоване програмування (сучасний фреймворк)» та 122 – Комп'ютерні науки в рамках дисциплін «Об'єктно-орієнтоване програмування», «Крос-платформне програмування» (акт впровадження від 22.12.2020).

Особистий внесок здобувача. Основні результати дисертаційної роботи отримані здобувачем самостійно. Робота містить теоретичні та методичні положення, висновки, які сформульовані дисертантом особисто. У наукових працях, написаних у співавторстві, здобувачу належать: у [1] розроблено базу даних для обробки результатів контролю освітньої діяльності студентів; у [2] запропоновано принцип концентричності при створенні інформаційної технології; у [3] розроблено засоби прийняття рішень, що можуть використовуватись в інформаційно-аналітичній системі підтримки освітньої діяльності; у [4] проаналізовані проблеми та сформульовані принципи побудови деяких класів інформаційних систем, що використовуються в освітній діяльності ЗВО; у [5] розроблено моделі інформаційної технології побудови автоматизованих інформаційних систем ЗВО за допомогою методів системного підходу; у [6] розроблено моделі системного проєктування для побудови інформаційної системи Черкаського державного технологічного університету; у [7] розроблено принципи побудови функціональних інформаційних баз та шарів управління інформацією при побудові інформаційних технологій з використанням проєктного підходу; у [8] розроблено модель наповнення бази даних інформаційно-аналітичної системи підтримки освітньої діяльності ЗВО інформацією та модель бізнес-процесів, що реалізовані в освітньому середовищі університету, описано розроблені функціональні програмні модулі; у [9] розроблено концентричну модель інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО, функціонально незалежний метод управління інформацією закладів вищої освіти, методи міжшарової інформаційної взаємодії.

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень доповідались на Міжнародних і Всеукраїнських наукових конференціях, зокрема: Наукова сесія Осередку Наукового товариства ім.Т.Шевченка (Черкаси, 2006), Науково-методична конференція «Впровадження нових інформаційних технологій навчання» (Харків, 2007), X Міжнародна науково-технічна конференція «Системний аналіз та інформаційні технології» (Київ, 2008), Conference "Innovation in Education for Electrical and Information Engineering" (Valencia, Spain, 2009), Всеукраїнська науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2010) (Черкаси, 2010), Науково-практична конференція «Інноваційні комп'ютерні технології у вищій школі» (Львів, 2011), Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2014) (Черкаси, 2014), Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2016) (Черкаси, 2016), Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2018) (Черкаси, 2018), Всеукраїнська науково-практичної конференції з міжнародною участю «Наука України – погляд молодих вчених крізь призму сучасності» (Черкаси, 2019), Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні технології в освіті, науці і техніці» (ІТОНТ-2020) (Черкаси, 2020).

Публікації. За результатами дослідження опубліковано 21 наукову працю, з них: 1 монографія, 6 статей опубліковані у рецензованих фахових виданнях України

(у тому числі 2 англійською мовою, одна у виданні, що індексується у наукометричній базі даних Scopus), 2 наукові праці опубліковані в періодичних іноземних виданнях, 1 стаття в інших періодичних виданнях, 11 тез доповідей у матеріалах конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел з 121 найменування та 3 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 172 сторінки, із них 134 сторінки основного тексту, що містить 2 таблиці і 3 рисунки на 4 повних сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, сформульовано мету і завдання дослідження, а також об'єкт і предмет дослідження, описано методи досліджень, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами, сформульовано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, зазначено структуру та обсяг дисертаційної роботи.

У **першому розділі** «Цифрова трансформація закладів вищої освіти на сучасному етапі» розглянуто історію та ключові питання цифрової трансформації, включно з цифровою трансформацією закладів вищої освіти в Україні та за кордоном. У розділі описано еволюцію ідей інформатизації та цифрової трансформації, зроблено аналіз понятійного апарату в цій сфері, розглянуто з різних боків термін «цифрова трансформація». Розглянуто державну політику в сфері інформатизації, проаналізовано документи уряду, Міністерства цифрової трансформації України та Міністерства освіти і науки України. Відзначено, що в останні роки напрям цифрової трансформації в Україні став пріоритетом державної політики. Проаналізовано проблеми впровадження інформаційних систем на підприємствах та організаціях, в тому числі в закладах вищої освіти. Аналіз показав, що найчастіше інформаційні системи впроваджуються несистемно, фрагментарно, що призводить до численних дублювань в даних, процедурах їх обробки і, як наслідок, до дублювання роботи працівників, збільшення кількості помилок; крім того, відбувається інформаційна функціональна «фрагментація» в організаціях. Відповіддю на «фрагментацію», зазвичай, є спроби інтеграції інформаційних систем. Проблема інтеграції проаналізована з точки зору ефективності. Зроблено висновок, що часто вартість інтеграції перевищує вартість самих інформаційних систем чи модулів, що інтегруються. Звідси, повна інтеграція всіх інформаційних систем підприємства чи організації не завжди є ефективною внаслідок високих витрат.

Зроблено аналіз стану цифровізації та цифрової трансформації закладів вищої освіти. Відзначено, що наявність декількох ізольованих інформаційних систем в ЗВО України є поширеною практикою. Також відзначено наявність великої кількості досліджень у галузі цифровізації та цифрової трансформації як в Україні, так і за кордоном, про що свідчить збільшення кількості наукових праць в цій галузі. Дослідження присвячені питанням цифрової трансформації різноманітних підприємств та організацій (в тому числі в сфері освіти), а також питанням трансформації економіки в цілому. В низці досліджень пропонується відхід від

стандартної позадачно-інтеграційної парадигми побудови інформаційних систем ЗВО і перехід до системної цифровізації та цифрової трансформації через інтеграцію процесного, проектного та системного підходу задля побудови цифрових університетів.

Основною ідеєю роботи визначено наступне: на основі використання принципів системного підходу, методів системного проектування у поєднанні з використанням сучасних методів та засобів моделювання, проектування та розробки інформаційних систем разом з методами організації процесу розробки на основі науково обґрунтованих методологій проектного менеджменту реалізувати інформаційну технологію, використання якої надало б можливість ефективно та послідовно провести цифрову трансформацію ЗВО.

У **другому розділі** «Методологічні основи концентричної інформаційної технології цифрової трансформації закладів вищої освіти» наведено основні поняття, що використовуються в роботі, та їх визначення; представлено програму цифрової трансформації через множину проектів, орієнтованих на цифровізацію ЗВО; представлено концепцію концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО, яка включає п'ятишарову структуру цієї технології, понятійний апарат та принципи її побудови, технологічну класифікацію наповнення цифрового простору закладів вищої освіти; описано концентричну модель інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО, в складі якої описано модель вибору процедур управління інформацією ЗВО та модель вибору процедур забезпечення діяльності ЗВО; перелічено принципи створення концентричної інформаційної технології цифрової трансформації закладів вищої освіти.

Цифрова трансформація ЗВО полягає у змінах в організаційній, функціональній, технологічній і інформаційній інфраструктурі ЗВО, спричинених цифровізацією освітнього та управлінського процесу закладу вищої освіти. Цифровий простір ЗВО (ЦП) – це реалізовані в комп'ютерних засобах сховища цифрової інформації, інструменти ведення цих сховищ і вирішення функціональних задач та організаційна інфраструктура, яка забезпечує функціонування цього простору. Цифровий простір є частиною інформаційного простору ЗВО і формується в процесі цифрової трансформації. Він містить два компоненти: функціональний компонент – методи і засоби інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО; інформаційний компонент – інформація, отримана в результаті реалізації інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО.

До функціонального компоненту цифрового простору ЗВО можна віднести технологічні системи ведення інформаційних баз та автоматизації освітнього, наукового, управлінського та інших процесів ЗВО. Традиційно можна виділити наступні технологічні системи: 1) нормативно-довідкова інформація; 2) функціональні інформаційні бази; 3) інформаційна технологія вирішення функціональних задач ЗВО; 4) інформаційна технологія управління інформацією ЗВО; 5) інформаційна технологія забезпечення діяльності закладів вищої освіти.

Для того щоб перейти від концепції, що базується на локальному (позадачному) підході, до концепції, яка включає наведену вище структурування компонентів цифрового простору, необхідно об'єднати: нормативно-довідкову інформацію, функціональне інформаційне середовище, інформаційну технологію

управління інформацією ЗВО, інформаційну технологію вирішення функціональних задач та інформаційну технологію забезпечення діяльності ЗВО в єдину інформаційну технологію цифрової трансформації закладу вищої освіти. Таке представлення компонентів цифрового простору можна представити у вигляді концептуальної моделі концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО (рис.1).



Рис.1. Концептуальна модель концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО

Таке представлення концентричної інформаційної технології (КІТ) дозволяє віднести всю сукупність функціональних засобів і інформаційних баз до 5 шарів. Це дозволяє перейти у взаємодії компонентів такої технології від принципу «кожна задача з кожною через інтеграцію баз даних» до міжшарової взаємодії, в якій беруть участь тільки пов'язані між собою компоненти.

Представимо математичну модель концентричної інформаційної технології. Взаємозв'язок об'єктів і процедур можна класифікувати наступним чином.

1. Зовнішнє середовище → Об'єкти нормативної бази. Існує зв'язок

$$\exists I_k^N, F^{ZN}: I_k^N = F^{ZN}(I_j^Z), \quad (1)$$

де F^{ZN} – відображення зовнішньої інформації I_j^Z в цифровому просторі ЗВО; I_j^Z – зовнішня, відносно закладу вищої освіти, інформація; необхідна для забезпечення діяльності ЗВО; I_k^N – нормативна інформація.

Будемо вважати, що таке відображення реалізується процедурами ведення нормативної бази Π^N .

2. Процедури управління інформацією → Об'єкти нормативної бази. Формально можна записати

$$\exists \Pi_s^C, I_l^N: I_l^N = \Pi_s^C(I_j^Z), \quad (2)$$

де Π_s^C – процедура управління інформацією; I_l^N – нормативна інформація.

3. Об'єкти нормативної бази → Інформаційні об'єкти функціональних задач:

Існує зв'язок

$$\exists I_x^F, \Pi_u^F: I_x^F = \Pi_u^F(I_l^N), \quad (3)$$

де Π_u^F – процедура ведення інформаційної бази функціональних задач; I_x^F – інформація, необхідна для вирішення функціональних задач.

4. Процедури вирішення функціональних задач ЗВО → Інформаційні об'єкти функціональних задач:

$$\exists \Pi_s^R, I_q^F: I_q^F = \Pi_s^R(I_k^N, I_d^F), \quad (4)$$

де Π_s^R – процедура наповнення інформаційної бази функціональних задач; I_q^F – інформаційні об'єкти, які формуються в процесі вирішення функціональної задачі процедурою Π_s^R ; I_d^F – інформаційні об'єкти функціональних задач, які необхідні для отримання інформації I_q^F .

5. Процедури управління інформацією → Інформаційні об'єкти функціональних задач:

$$\exists \Pi_s^F, I_q^F: I_q^F = \Pi_s^F(I_k^N, I_d^F), \quad (5)$$

де Π_s^F – процедура вирішення функціональних задач; I_q^F – інформаційні об'єкти, які формуються в процесі вирішення функціональної задачі процедурою Π_s^F .

6. Зовнішнє середовище → Процедури управління інформацією. Реалізуються формулами (2) і (5).

7. Зовнішнє середовище → Процедури вирішення функціональних задач ЗВО. Зв'язок описується формулою (4).

8. Об'єкти нормативної бази → Процедури вирішення функціональних задач ЗВО. Задається формулою (4).

9. Інформаційні об'єкти функціональних задач → Процедури вирішення функціональних задач ЗВО. Зв'язок описується формулою (5).

10. Об'єкти нормативної бази → Процедури забезпечення діяльності ЗВО:

Існує зв'язок

$$\exists I_k^V, \Pi_p^D: I_k^V = \Pi_p^D(I^N), \quad (6)$$

де Π_p^D – процедура забезпечення діяльності ЗВО; I_k^V – інформація, необхідна для забезпечення діяльності ЗВО.

11. Інформаційні об'єкти функціональних задач → Процедури забезпечення діяльності ЗВО:

$$\exists I_e^V, \Pi_r^D: I_e^V = \Pi_r^D(I_d^F), \quad (7)$$

де Π_r^D – процедура забезпечення діяльності ЗВО; I_e^V – інформація, необхідна для забезпечення діяльності ЗВО.

Виходячи з формул (1)-(7) можна визначити чотири технологічні системи, які забезпечують формування продуктів концентричної інформаційної технології.

1. Наповнення цифрового простору нормативною інформацією:

а) безпосереднє отримання з зовнішнього середовища (наприклад, Єдиної державної електронної бази з питань освіти (ЄДЕБО), юридичних систем, довідників, і т.п.):

$$I^Z \xrightarrow{\Pi^N} I^N,$$

де Π^N – процедури отримання нормативної інформації з зовнішнього середовища ЗВО; I^Z – зовнішня інформація; I^N – нормативна інформація;

б) отримання з використанням процедур управління інформацією (як побічний результат при обробці різноманітної документації, в якій є нормативна інформація):

$$I^Z \xrightarrow{\Pi^C} I^N,$$

де Π^C – процедури управління інформацією.

2. Наповнення цифрового простору в частині інформаційної бази функціональних задач:

а) з нормативної бази:

$$I^N \xrightarrow{\Pi^F} I^F,$$

де I^F – інформація вирішення функціональних задач; Π^F – процедури вирішення функціональних задач.

б) з процедур управління інформацією:

$$I^Z \xrightarrow{\Pi^C} I^F.$$

3. Вирішення функціональних задач:

$$I^N, I^F \xrightarrow{\Pi^F} I^F.$$

4. Використання цифрового простору для забезпечення діяльності закладу вищої освіти:

$$I^N, I^F \xrightarrow{\Pi^D} I^V,$$

де I^V – інформація для забезпечення діяльності закладу вищої освіти; Π^D – процедури забезпечення діяльності закладу вищої освіти.

У наведеній структурі цифрового простору виділяються два шари, які не є традиційними в різноманітних автоматизованих системах ЗВО. Це технологія управління інформацією і технологія забезпечення діяльності ЗВО. Математично, їх поява може бути обґрунтована наступними моделями.

Модель вибору процедур управління інформацією ЗВО. Мета цифрової трансформації – максимальна вигода від цифрового простору при мінімальних витратах на його формування. Це впливає з наступної моделі.

Нехай для кожної інформаційної функції може існувати процедура програмних засобів, яка отримує нову інформацію у відповідності з цією функцією

$$\forall F_l \exists \Pi_l: I_l = \Pi_l(N_j, I_k), \quad (8)$$

де F_l – інформаційна функція; Π_l – програмна процедура; I_l – вихідна інформація програмної процедури; N_j – нормативно-довідкова інформація, яка необхідна для отримання вихідної інформації I_l ; I_k – вхідна інформація, яка необхідна для отримання вихідної інформації I_l .

Кожна інформація характеризується витратами на її отримання та ефектом від використання (і ці витрати включають і вартість створення процедури)

$$\forall I_l = \langle r_l, s_l \rangle, \quad (9)$$

де r_l – вигода від отримання інформації I_l ; s_l – витрати на отримання інформації I_l .

З використанням моделі витрат-вигод ефективна інформаційна технологія цифрової трансформації повинна забезпечити

$$\sum_l (r_l - s_l) \rightarrow \max, \quad (10)$$

при обмеженнях

1. Задані інформаційні функції і процедури цифрового простору (8).
2. Задані витрати-вигоди (9).
3. Задано обмеження бюджету

$$\sum_l s_l \leq S_0,$$

де S_0 – бюджет програми цифрової трансформації ЗВО.

У такій постановці задачі, якщо винести процедури отримання інформації (8) за межі функціональних задач, і якщо одна і та ж інформація буде використана для вирішення різних задач, то відповідно вираз (10) буде максимізовано. Дійсно якщо,

$$\exists \Pi_k, \Pi_l, I_k, I_l: I_l = \Pi_l(N_j, I_u); I_k = \Pi_k(N_m, I_u), \quad (11)$$

де Π_k, Π_l – процедури інформаційної технології цифрової трансформації; I_k, I_l – вихідна інформація; N_j – нормативно-довідкова інформація, яка необхідна для отримання вихідної інформації I_l ; N_m – нормативно-довідкова інформація, яка необхідна для отримання вихідної інформації I_k ; I_u – вхідна інформація, яка необхідна для отримання вихідної інформації I_l і I_k ,

то різниця між вигодами і витратами буде дорівнювати

$$r_l - s_l + r_k - s_k - s_u \geq r_l - s_l + r_k - s_k - s_u - s_u, \quad (12)$$

де s_u – вартість отримання інформації, яка не має власної цінності (не використовується для забезпечення діяльності ЗВО – $r_u = 0$), але яка може бути отримана двічі в рамках різних функціональних задач, або один раз в рамках системи управління інформацією.

Модель вибору процедур забезпечення діяльності ЗВО. Для запитів, що часто повторюються, необхідно створювати інформаційні шаблони, формувати їх у відповідних процедурах при змінах в інформаційних базах (наприклад, звіти по виконанню завдань) і зберігати їх в готовому вигляді. Таким чином необхідно вести статистику забезпечення діяльності ЗВО і виходячи з цієї статистики створювати такі шаблони, які автоматично будуть формуватися в КІТ.

Нехай

$$\exists I_q^V, Y = \{y_j\}, j = \overline{1, n}: \rho(y_j, I_q^V) = \text{true}, \quad (13)$$

де y_j – споживач інформації; I_q^V – інформація, необхідна для забезпечення діяльності ЗВО; $\rho(y_j, I_q^V)$ – предикат потреби Споживача y_j в інформації I_q^V ; n – кількість споживачів, яким необхідна інформація I_q^V .

Якщо $n > n_0$, то, очевидно, потрібно створити шаблон (форму і програмні засоби), який дозволить автоматично отримувати необхідну для забезпечення діяльності ЗВО інформацію.

В **третьому розділі** «Моделі і методи концентричної інформаційної технології цифрової трансформації закладів вищої освіти» описано модель інформаційного середовища закладу вищої освіти; метод формування інформаційної технології вирішення функціональних задач закладів вищої освіти; функціональні задачі освітньої діяльності закладів вищої освіти, які підлягають вирішенню в процесі

цифрової трансформації ЗВО; метод управління інформацією в цифровому просторі закладів вищої освіти; функції інформаційної технології управління інформацією в цифровому просторі закладів вищої освіти; функції інформаційної технології забезпечення діяльності закладів вищої освіти; модель міжшарової взаємодії в концентричній інформаційній технології цифрової трансформації ЗВО.

Метод формування інформаційної технології вирішення функціональних задач закладів вищої освіти. Постановка задачі: визначити, які функціональні задачі та які технології їх вирішення дадуть найбільший ефект у закладі вищої освіти.

Під **ефективністю вирішення** функціональної задачі ЗВО будемо розуміти корисний результат використання її продуктів. Зрозуміло, що оптимальне рішення повинне забезпечити мінімізацію витрат на створення такої технології та максимізацію вигод від її використання:

$$\sum_i [k \cdot \sum_j E(\Lambda_{ij}^F) - \sum_j W(\Lambda_{ij}^F) - S(\Pi_i^F)] \rightarrow \max, \quad (14)$$

де Π_i^F – процедури інформаційної технології вирішення функціональних задач ЗВО Γ_i ; Λ_{ij}^F – продукт інформаційної технології вирішення функціональних задач ЗВО Γ_i ; $S(\Pi_i^F)$ – витрати на створення (придбання) інформаційної технології вирішення функціональних задач ЗВО Γ_i ; $W(\Lambda_{ij}^F)$ – витрати на створення продукту Λ_{ij}^F інформаційної технології вирішення функціональних задач ЗВО Γ_i ; $E(\Lambda_{ij}^F)$ – цінність продукту інформаційної технології вирішення функціональних задач ЗВО Γ_i ; k – коефіцієнт приведення цінності продуктів інформаційної технології вирішення функціональних задач ЗВО до міри витрат на неї, при обмеженнях

$$\sum_i S(\Pi_i^F) \leq S_0; \\ Y(\Pi_i^F),$$

де $Y(\Pi_i^F)$ – матриця зв'язків між процедурами інформаційної технології вирішення функціональних задач ЗВО; S_0 – бюджет на створення інформаційної технології вирішення функціональних задач ЗВО.

Як слідує з виразу (14) для отримання максимального значення необхідно:

1. Вибрати ті функціональні задачі, які дають максимальний ефект (максимальну цінність продуктів інформаційних технологій, що їх вирішують).
2. Підібрати в інформаційну технологію вирішення обраних функціональних задач закладу вищої освіти ті засоби, які вимагатимуть мінімум витрат при максимальній ефективності (динамічна структура технології).

Для цього в процесі реалізації програми цифрової трансформації необхідно мінімізувати витрати за рахунок раціонального вибору між альтернативами:

- придбати засоби інформаційної технології чи розробляти їх самостійно;
- якщо придбати засоби, то у кого, і яку ціну вважати доцільною;
- якщо розробляти засоби, то на якій платформі.

Розглянемо це питання. В формулі (14) витрати на такі засоби позначені як $S(\Pi_i^F)$. Вони складаються:

- а) у випадку придбання:

$$S(\Pi_i^F) = S_{\text{придбання}}(\Pi_i^F) = S_b(\Pi_i^F) + S_v(\Pi_i^F) + S_p(\Pi_i^F) + S_i(\Pi_i^F), \quad (15)$$

де $S_b(\Pi_i^F)$ – витрати на придбання засобів інформаційної технології вирішення функціональних задач Γ_i ; $S_v(\Pi_i^F)$ – витрати на впровадження засобів інформаційної технології вирішення функціональних задач Γ_i ; $S_p(\Pi_i^F)$ – витрати на щорічне обслуговування (оновлення, супроводження) засобів інформаційної технології вирішення функціональних задач Γ_i ; $S_i(\Pi_i^F)$ – витрати на інтеграцію інформаційної технології вирішення функціональних задач Γ_i з цифровим простором ЗВО.

Зазвичай, як показує світовий досвід,

$$S_{\text{розробки}}(\Pi_i^F) > S_b(\Pi_i^F) + S_p(\Pi_i^F) + S_v(\Pi_i^F),$$

де $S_{\text{розробки}}(\Pi_i^F)$ – витрати на розробку та впровадження засобів інформаційної технології вирішення функціональних задач Γ_i .

Але вартість інтеграції придбаних засобів в єдиний цифровий простір може бути вищою, ніж власна розробка, тоді:

$$S_{\text{розробки}}(\Pi_i^F) < S_b(\Pi_i^F) + S_p(\Pi_i^F) + S_v(\Pi_i^F) + S_i(\Pi_i^F).$$

В цьому випадку виконується самостійна розробка засобів інформаційної технології вирішення функціональних задач Γ_i .

б) у випадку самостійної розробки:

$$S(\Pi_i^F) = S_{\text{розробки}}(\Pi_i^F) = S_r(\Pi_i^F) + S_v(\Pi_i^F), \quad (16)$$

де $S_r(\Pi_i^F)$ – витрати на розробку засобів інформаційної технології вирішення функціональних задач Γ_i ; $S_v(\Pi_i^F)$ – витрати на впровадження засобів інформаційної технології вирішення функціональних задач Γ_i .

Звичайно, краще розробляти таку інформаційну технологію вирішення функціональних задач ЗВО, створювати такі програмно-інформаційні засоби, які використовують раніше створене інформаційне середовище, що усуває необхідність розробки чи впровадження засобів цифровізації вхідної інформації.

Тоді вираз (14) може бути записаний так:

$$\sum_i [k \cdot \sum_j E(\Lambda_{ij}^F) - \sum_j W(\Lambda_{ij}^F) - S(\Pi_i^F) - S(\Delta_i^F)] \rightarrow \max, \quad (17)$$

при обмеженнях

$$\sum_i S(\Pi_i^F) \leq S_0;$$

$$Y(\Pi_i^F),$$

де Δ_i^F – процедури інформаційної технології вирішення функціональних задач ЗВО Γ_i , які використовують раніше створене інформаційне середовище; $S(\Delta_i^F)$ – вартість процедур інформаційної технології вирішення функціональних задач ЗВО Γ_i , які б наповнювали раніше створене інформаційне середовище.

Таким чином, використання виразів (14)-(17) дає змогу вибрати правильну стратегію підбору та впровадження інформаційних технологій вирішення функціональних задач ЗВО.

Для реалізації цієї стратегії пропонується наступний метод формування інформаційної технології вирішення функціональних задач закладів вищої освіти:

1. Формування множини перспективних функціональних задач ЗВО, які можна впровадити:

$$\Gamma_s \in \Gamma^-,$$

де Γ_s – перспективна функціональна задача ЗВО; Γ^- – множина перспективних функціональних задач ЗВО.

2. Формування порожньої множини прийнятих до реалізації функціональних задач ЗВО

$$\Gamma^+ = \emptyset,$$

де Γ^+ – множина прийнятих до реалізації функціональних задач ЗВО.

3. Визначення продуктів інформаційної технології, які формуються в процесі вирішення функціональних задач ЗВО

$$\forall \Gamma_s \exists \Pi_s^F: \{\Lambda_{sj}^F\}, j = 1, n_s,$$

де Π_s^F – процедури інформаційної технології вирішення функціональної задачі Γ_s ; Λ_{sj}^F – продукт інформаційної технології вирішення функціональної задачі Γ_s ; n_s – кількість продуктів в інформаційній технології, які необхідні для вирішення функціональної задачі Γ_s .

4. Експертна оцінка цінності продуктів інформаційних технологій вирішення функціональних задач для ЗВО

$$E(\Lambda_{sj}^F).$$

5. Експертна оцінка витрат на створення продукту Λ_{sj}^F інформаційної технології вирішення функціональної задачі ЗВО Γ_s

$$W(\Lambda_{sj}^F).$$

6. Оцінка витрат на придбання засобів інформаційних технологій, що вирішують функціональні задачі, включені в множину Γ^-

$$\forall \Gamma_s \in \Gamma^- \exists \Pi_i^F: S_1(\Pi_s^F) = S_b(\Pi_s^F) + l \cdot S_p(\Pi_s^F) + S_i(\Pi_s^F),$$

де $S_1(\Pi_i^F)$ – оцінка витрат на придбання засобів інформаційної технології вирішення функціональної задачі Γ_s ; l – прогнозована тривалість використання засобів інформаційної технології вирішення функціональної задачі Γ_s .

Вирішення цієї задачі може виконуватись шляхом аналізу комерційних пропозицій, що є на ринку ІТ. Якщо на ринку програмних продуктів таких засобів немає, встановлення

$$S_1(\Pi_s^F) = 0.$$

7. Оцінка витрат на розробку засобів інформаційних технологій, що вирішують функціональні задачі, включені в множину Γ^-

$$S_2(\Pi_i^F) = S_r(\Pi_i^F) - S(\Delta_i^F),$$

де $S_2(\Pi_i^F)$ – оцінка витрат на розробку засобів інформаційної технології вирішення функціональної задачі Γ_s .

8. Якщо

$$\forall \Gamma_s \in \Gamma^- : S_2(\Pi_i^F) < S_1(\Pi_i^F),$$

то

$$S_3(\Pi_i^F) = S_2(\Pi_i^F),$$

інакше

$$S_3(\Pi_i^F) = S_1(\Pi_i^F).$$

9. Якщо множина Γ^- порожня – завершення розрахунків.

10. Підбір з множини Γ^- такої функціональної задачі Γ_d , інформаційна технологія вирішення якої має найвищий ефект

$$\forall \Gamma_s \in \Gamma^- \exists \Gamma_d \in \Gamma^- : \\ k \cdot E(\Lambda_{dj}^F) + W(\Lambda_{dj}^F) - S_3(\Pi_d^F) \geq k \cdot E(\Lambda_{sj}^F) + W(\Lambda_{sj}^F) - S_3(\Pi_i^F).$$

11. Включення функціональної задачі Γ_d до множини Γ^+ .

12. Виключення функціональної задачі Γ_d з множини Γ^- .

13. Якщо

$$k \cdot E(\Lambda_{dj}^F) + W(\Lambda_{dj}^F) - S_3(\Pi_d^F) < 0,$$

то завершення розрахунків.

14. Якщо

$$\sum_{A_d \in A^+} S_3(\Pi_d^F) > S_0,$$

то виключення функціональної задачі Γ_d з множини Γ^+ .

Перехід до п.8.

15. Перерахунок $S(\Delta_i^F)$ для задач, що знаходяться в множині Γ^- . При цьому враховується інформація, якою буде наповнена інформаційна база при реалізації процедур відібраних в множину Γ^+ інформаційних технологій. Перехід до п.7.

Метод управління інформацією в цифровому просторі закладів вищої освіти. Управління інформацією базується на правилах реалізації інформаційних функцій, які наповнюють інформаційне середовище ЗВО.

Кожну інформаційну функцію можна описати як формальну двійку:

$$F_i: \langle K_i, \Pi_i \rangle, i = \overline{1, m},$$

де F_i – інформаційна функція;

K_i – клас інформаційної функції;

Π_i – множина процедур реалізації інформаційної функції;

m – кількість інформаційних функцій.

Кожна інформаційна функція являє собою інформаційний процес (почергова реалізація процедур) з перетворення даних і знань, які належать атрибутам одних цифрових об'єктів (ЦО), в атрибути іншого ЦО. Між цифровими об'єктами інформаційного середовища ЗВО існують певні зв'язки, які реалізуються процедурами. По суті інформаційна функція інформаційного середовища ЗВО – сукупність процедур формування цифрових об'єктів:

$$\Pi: \{\Pi_j\}, j = \overline{1, n},$$

де Π – процедури цифрового простору;

Π_j – процедура цифрового простору;

n – кількість процедур.

Конкретне наповнення функції (конкретні процедури) залежить від конкретних цифрових об'єктів, які використовуються в ній. Але набір процедур з реалізації функцій буде типовим для однакових типів цифрових об'єктів.

Метод управління інформацією повинен забезпечувати вибір функцій, що реалізуються при вирішенні багатьох задач і їх об'єднувати в єдину систему підготовки інформаційного ресурсу. В цьому випадку інформаційний ресурс створюється спеціалізованими засобами, а потім використовується у всіх функціональних задачах і засобах забезпечення діяльності ЗВО. Таким чином, інформаційна технологія управління інформацією буде орієнтована на створення цифрового середовища, яке буде доступним у функціональних задачах ЗВО.

Сутність методу управління інформацією закладів вищої освіти, який дозволяє створювати універсальні інструменти цифровізації, незалежні від складу і специфіки побудови засобів вирішення функціональних задач, полягає в наступному:

1. Ідентифікація інформаційних функцій. Нехай

$$\exists F_l^z: I_l^z = F_l^z(N_j, I_s^z), \quad (18)$$

де F_l^z – інформаційна функція l для вирішення функціональної задачі Γ_z ; I_l^z – вихідна інформація, потрібна для вирішення функціональної задачі Γ_z ; N_j – нормативно-довідкова інформація, яка необхідна для отримання вихідної інформації I_l^z ; I_s^z – вхідна інформація, яка необхідна для отримання вихідної інформації I_l^z тільки в рамках функції F_l^z .

2. Розрахунок витрат на реалізацію функцій для отримання вхідної інформації. Вхідна інформація теж характеризується витратами на її реалізацію та нульовим ефектом від використання (адже вона самостійно не використовується, а є ресурсом вирішення задач)

$$\forall I_s^z = \langle 0, S_s \rangle,$$

де S_s – витрати на отримання інформації I_s^z деякою функцією F_s^z :

$$I_s^z = F_s^z(N, \Psi),$$

де N – нормативно-довідкова база; Ψ – інформаційний простір ЗВО.

3. Реалізація інформаційних функцій. Для реалізації кожної з функцій, яка працює з інформацією конкретної функціональної задачі, необхідно реалізувати деяку технологію, яка містить процедури:

$$\forall F_s^z \exists A_s^z: F_s^z = \Phi(A_s^z);$$

$$A_s^z = \langle \bigcup_i \Pi_{si}^z \rangle,$$

де A_s^z – інформаційна технологія реалізації функції F_s^z ; Π_{si}^z – інформаційна процедура технології A_s^z ; $\Phi(A_s^z)$ – реалізація технології A_s^z в цифровому просторі ЗВО.

4. Виділення процедур, незалежних від складу і специфіки побудови засобів вирішення функціональних задач. Якщо серед інформаційних процедур вирішення функціональних задач знайдуться такі, що

$$\exists \Pi_{si}^{zk}, \Pi_{cj}^{zr}: \Pi_{si}^{zk} = \Pi_{cj}^{zr}, \quad (19)$$

де Π_{si}^{zk} – процедура технології A_s^{zk} вирішення функціональної задачі Γ_{zk} ; Π_{cj}^{zr} – процедура технології A_c^{zr} вирішення функціональної задачі Γ_{zr} ,

то в такій постановці задачі, якщо винести такі процедури (19) за інформаційні технології вирішення функціональних задач і якщо створений на основі цих

процедур програмний засіб буде використано для вирішення різних задач, то відповідно вираз (14) буде максимізовано, як це показано в формулі (17).

Безумовно, до таких процедур відносяться процедури добазової обробки первинної документації. Адже добазова обробка вимагає сканування паперових документів, внесення в вікна інтерфейсу даних, які будуть записані в інформаційну базу, їх верифікацію, синхронізацію, пошук відповідних елементів в нормативно-довідковій інформації.

Використовуючи систему управління інформацією, простіше створити інформаційну технологію вирішення функціональних задач ЗВО.

Модель міжшарової взаємодії в концентричній інформаційній технології цифрової трансформації ЗВО. Віднесення всієї сукупності функціональних засобів і інформаційних баз до 5 шарів дозволяє перейти у взаємодії компонентів такої технології від принципу «кожна задача з кожною через інтеграцію баз даних» до міжшарової взаємодії, в якій беруть участь тільки пов'язані між собою компоненти.

Розглянемо міжшарову інформаційну взаємодію.

1. Взаємодія між інструментами інформаційної технології забезпечення діяльності ЗВО та інструментами інформаційної технології вирішення функціональних задач.

Технологія забезпечення діяльності ЗВО впливає на форму і зміст вихідної інформації в інструментах інформаційної технології задля максимального забезпечення інформаційних потреб користувачів:

$$\forall I_q^* \exists I_s^z : I_q^* = f(I_s^z). \quad (20)$$

$$\text{Якщо } I_s^z \xrightarrow{\Pi_{sq}^z} I_q^* \& \nexists \Pi_{sq}^z, \text{ то } \exists \overline{D_{qs}^z} p(\Pi_{qs}^z / D_{qs}^z) > p(\Pi_{qs}^z) > 0,$$

де I_q^* – інформація, необхідна для забезпечення діяльності ЗВО; I_s^z – інформація, яка формується в технології вирішення функціональних задач Γ_s^z ; $\overline{D_{qs}^z}$ – вплив того, що процедура отримання інформації I_q^* з інформації, яка формується в технології вирішення функціональних задач I_s^z відсутня; $I_q^* = f(I_s^z)$ – функція залежності інформації I_q^* від інформації, яка формується в технології вирішення функціональних задач I_s^z ; Π_{sq}^z – процедура отримання інформації I_q^* з інформації, яка формується в технології вирішення функціональних задач Γ_s^z ; $p(\Pi_{qs}^z)$ – безумовна ймовірність створення процедури Π_{qs}^z ; $p(\Pi_{qs}^z / D_{qs}^z)$ – ймовірність створення процедури Π_{qs}^z за умови існування впливу $\overline{D_{qs}^z}$.

2. Взаємодія між інструментами технології вирішення функціональних задач ЗВО та інструментами технології управління інформацією.

Зміни в технології управління інформацією є джерелом змін в технології вирішення функціональних задач ЗВО в тому випадку, коли інформація, потрібна для вирішення функціональних задач формується в інших задачах і надходить в систему управління інформацією у відповідності з формулами (18)-(19). Цей вплив описується наступною моделлю.

Якщо в технологію управління інформацією буде добавлено процедуру Π_r^u , яка формує інформацію I_r^u , і ця інформація може бути використана в процедурі Π_{qs}^z функціональної задачі Γ_z , то

$$\exists D_r^u: p(\overline{P_{qs}^z}/D_r^u) > p(\overline{P_{qs}^z}) > 0, \quad (21)$$

де D_r^u – вплив того, що в процедурі технології управління інформацією P_r^u отримується інформація I_r^u , яка використовується в процедурі P_{qs}^z технології вирішення функціональних задач F_s^z ; $I_q^* = f(I_s^z)$ – функція залежності інформації I_q^* від інформації, яка формується в технології вирішення функціональних задач F_s^z ; P_{sq}^z – процедура отримання інформації I_q^* з інформації, яка формується в технології вирішення функціональних задач F_s^z ; $p(\overline{P_{qs}^z})$ – безумовна ймовірність спрощення процедури P_{qs}^z ; $p(\overline{P_{qs}^z}/D_r^u)$ – ймовірність спрощення процедури P_{qs}^z при умові існування впливу D_r^u .

У **четвертому розділі** «Практична реалізація методів цифрової трансформації освітньої діяльності закладів вищої освіти» описано, яким чином методи цифрової трансформації освітньої діяльності закладів вищої освіти реалізовані в рамках розробленої інформаційно-аналітичної системи підтримки освітньої діяльності закладу вищої освіти (ІАСПОД). В розділі проаналізовано інформаційний простір ЗВО та визначено документи цифрового середовища ІАСПОД; розроблено інформаційну платформу технології цифрової трансформації ЗВО; побудовано технологію синхронізації з ЄДЕБО та технологію цифровізації управління університетом в рамках цифровізації інформаційного простору; розроблено інструменти інформатизації діяльності ЗВО, а саме інструменти технології управління навчальним процесом та мобільний додаток «Студент ЗВО».

Інформаційно-аналітична система підтримки освітньої діяльності впроваджена в Черкаському державному технологічному університеті й використовується усіма факультетами в повсякденній діяльності.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язана важлива науково-прикладна задача розробки методів і моделей цифровізації закладів вищої освіти на основі об'єднання всіх функцій, процедур та інформаційних баз в єдину концентричну інформаційну технологію цифрової трансформації освітньої діяльності ЗВО.

У процесі досліджень були отримані такі наукові та практичні результати:

1. Проведено аналіз інформаційних технологій реалізації і управління освітньою діяльністю ЗВО. Показано, що такі технології концентруються на вирішенні функціональних задач, а не на створення єдиного цифрового простору закладу вищої освіти. Запропоновано інтегрувати системний, процесний і проєктний підходи для побудови цифрового простору ЗВО, що дозволить системно підійти до вирішення як функціональних задач закладів вищої освіти, так і підвищити ефективність і якість інформаційного забезпечення діяльності ЗВО.

2. Запропоновано концепцію побудови концентричної моделі інформаційної технології цифрової трансформації закладів вищої освіти. Дано визначення інформаційного середовища, цифрового об'єкту, класу цифрового об'єкту, атрибута цифрового об'єкту, наповнення параметрів цифрового об'єкту. Класифіковано технологічні системи функціонального компоненту цифрового простору ЗВО, зокрема, виокремлено: нормативно-довідкову інформацію, функціональні інформаційні бази, технологію управління інформацією ЗВО, технологію вирішення

функціональних задач закладів вищої освіти, технологію забезпечення діяльності ЗВО. Для реалізації системного підходу до створення цифрового простору ЗВО запропоновані принципи створення концентричної інформаційної технології цифрової трансформації закладу вищої освіти.

3. Розроблено концентричну модель інформаційного середовища та інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО. Виходячи з того, що інформаційне середовище концентричної інформаційної технології включає інформацію функціональних задач і нормативну інформацію виділено дві складові цього середовища: інформація, яка створена і використовується в функціональних задачах та для забезпечення діяльності ЗВО; інформація, яка створюється в технології управління інформацією, а використовується в функціональних задачах та для забезпечення діяльності ЗВО. В рамках концентричної моделі інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО формалізовано взаємозв'язок процедур і об'єктів цифрового простору ЗВО.

4. Розроблено модель міжшарової взаємодії в концентричній інформаційній технології цифрової трансформації ЗВО. Це дало змогу перейти у взаємодії компонентів такої технології від принципу «кожна задача з кожною через інтеграцію баз даних» до міжшарової взаємодії, в якій беруть участь тільки пов'язані між собою компоненти. Виділено взаємодії: між інструментами інформаційної технології забезпечення діяльності ЗВО та інструментами інформаційної технології вирішення функціональних задач; між інструментами технології вирішення функціональних задач ЗВО та інструментами технології управління інформацією.

5. Запропоновано метод формування інформаційної технології вирішення функціональних задач закладів вищої освіти. Показано, що оптимальне рішення повинно забезпечити мінімізацію витрат на створення такої технології та максимізацію вигод від її використання. Тому в основу методу покладено підбір функціональних задач, які мають найбільшу ефективність в освітньому процесі ЗВО і на створення яких необхідні найменші ресурси. Використовуючи розроблений метод сформовано інформаційну технологію вирішення функціональних задач закладів вищої освіти. Наведено функціональні задачі, які повинні бути вирішені в процесі цифрової трансформації закладу вищої освіти. Виконано класифікацію цих задач за напрямками цифрової трансформації.

6. Запропоновано метод управління інформацією в цифровому просторі закладів вищої освіти, який дозволяє виділити процедури, які належать різним функціям різних функціональних задач. Це дозволило сформувати єдину систему підготовки інформації для функціональних модулів вирішення різних задач, що в свою чергу дозволяє зменшити витрати на цифрову трансформацію ЗВО. Сформовано технологію управління інформацією в цифровому просторі закладів вищої освіти, який включає функції і процедури: добазової обробки інформації, обробки та зберігання вхідної, вихідної, та внутрішньої кореспонденції, формалізації текстової інформації та ін.

7. Створено та перевірено на практиці інструменти концентричної інформаційної технології цифрової трансформації закладів вищої освіти. Запропоновано структури баз даних, алгоритми програмних засобів, схеми

реалізації процедур управління обробкою та обробки інформації і наведено приклади практичної реалізації концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО. Робота впроваджена в Черкаському державному технологічному університеті та використовується в освітньому процесі названого університету.

Робота збагачує методологію створення прогресивних інформаційних технологій новими науковими положеннями, поняттями, теоретико-методичними побудовами, моделями і методами. Наукові положення, висновки, пропозиції і рекомендації дисертаційної роботи можуть бути використані для практичної організації освітньої діяльності в закладах вищої освіти.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Інформаційно-аналітична система контролю та оцінювання навчальної діяльності студентів ВНЗ: **Монографія** //А.А. Тимченко та ін. Черкаси: МакЛаут, 2010. 300 с.

Статті у періодичних фахових виданнях іноземних держав

2. Yehorchenkova N., Kataieva Y., Yehorchenkov O., Zaspа G. The conception of project-oriented enterprise information resources system management technology creation. *Journal of Technology and Exploitation in Mechanical Engineering, Poland*. 2016. Vol. 2, Issue 1. P. 60–65.

3. Tryus Y., Antipova N., Zhuravel K., Zaspа G. Information technology of stock indexes forecasting on the base of fuzzy neural networks. *Applied Computer Science, Poland*. 2017. Vol. 13, No 1. P. 29-40.

Статті у наукових фахових виданнях України

4. Данченко О.Б., Олейнікова Т.Ю., Заспа Г.О. Аналіз сучасних методів та засобів модульно-рейтингової системи навчання у вищому навчальному закладі. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2004. №2. С.157-159.

5. Тимченко А.А., Серкова Л.Е., Заспа Г.О., Яценко Г.Ю. Системні методи моделювання в інформаційній технології побудови автоматизованих інформаційних систем вищих навчальних закладів. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2006. №3. С.131-134.

6. Tymchenko A.A., Serkova L.E., Zaspа H.O. Using modeling in information system of Cherkasy State Technological University system design process. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. 2007. №7. С.125-129.

7. Teslia Iu., Yehorchenkova N., Yehorchenkov O., Kataieva Ye., Zaspа H., Khlevna Iu. Development of principles and method of electronic project management. *Easter-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. 5/3(89). P. 23-29. **(індексується у наукометричній базі даних Scopus)**

8. Триус Ю.В., Заспа Г.О., Кожем'якін О.С., Аширова А.В. Інформаційно-аналітична система підтримки освітньої діяльності структурних підрозділів закладів вищої освіти. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2020. №4. С.27-38.

9. Тесля Ю. М., Заспа Г. О. Розробка концентричної інформаційної технології цифрової трансформації закладів вищої освіти. *Управління розвитком складних систем*. Київ, 2020. № 44. С. 105-115, dx.doi.org/10.32347/2412-9933.2020.44.105-115.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

10. Заспа Г.О. Автоматизована інформаційна система управління навчальним процесом Черкаського державного технологічного університету. *Сімнадцята наукова сесія Осередку Наукового товариства ім.Т.Шевченка у Черкасах*: матеріали доп. на засіданні секцій і комісії 2006 р. (м.Черкаси, 14-24 березня 2006 р.). Черкаси, 2006. С.209-210.

11. Лега Ю.Г., Ситник О.О., Григор О.О., Тимченко А.А., Заспа Г.О. Організаційно-технологічні проблеми ВНЗ як організації інформаційного типу. *Впровадження нових інформаційних технологій навчання*: зб. наук.-метод. праць наук.-метод. конф. (м. Харків, 11-12 жовтня 2007 р.). Харків, 2007. С.83-88.

12. Заспа Г.О., Яценко А.Ю. Організаційно-технологічні проблеми ВНЗ як організації інформаційного типу. *Системний аналіз та інформаційні технології*: матеріали X міжнар. наук.-техн. конф. (м.Київ, 20-24 травня 2008 р.). Київ, 2008. С. 195.

13. Hryhoriy Zaspa, Olena Danchenko. Cooperation with IT Companies at Cherkasy State Technological University. *Innovation in Education for Electrical and Information Engineering: 20th EAEEIE Annual Conference* (Valencia, Spain, June 22-24, 2009). Valencia, 2009.

14. Тимченко А.А., Гресько С.О., Заспа Г.О., Андрієнко В.О., Тьорло О.В., Скоробрещук В.В., Яценко А.Ю. Інтелектуальна система прийняття рішень в умовах деканату. *Інформаційні технології в освіті, науці і техніці*: тези доп. VII всеукр. наук.-практ. конф. (м.Черкаси, 4-6 травня 2010 р.). Черкаси, 2010. С.36-37.

15. Тимченко А.А., Заспа Г.О., Гресько С.О. Використання системного підходу при аналізі діяльності ВНЗ. *Інноваційні комп'ютерні технології у вищій школі*: матеріали 3-ї наук.-практ. конф. (м.Львів, 18-20 жовтня 2011 р.). Львів, 2011. С.37-39.

16. Заспа Г.О., Данченко О.Б. Інформаційна система як рушійна сила оптимізації управління компанією. *Інформаційні технології в освіті, науці і техніці*: // тези доп. II міжнар. наук.-практ. конф. (м.Черкаси, 24-26 квітня 2014 р.). Черкаси, 2014. Т.1. С. 94-95.

17. Заспа Г.О., Тарасенко В.В. Використання «тестового світу» як метод вирішення проблеми підготовки даних при інтеграційному тестуванні складних програмних систем. *Інформаційні технології в освіті, науці і техніці*: тези доп. III міжнар. наук.-практ. конф. (м.Черкаси, 12-14 травня 2016 р.). Черкаси, 2016. С. 8-9.

18. Заспа Г.О. Розробка інтегрованої автоматизованої інформаційної системи університету з елементами підтримки прийняття рішень. *Інформаційні технології в освіті, науці і техніці*: тези доп. IV міжнар. наук.-практ. конф. (м.Черкаси, 17-18 травня 2018 р.). Черкаси, 2018. С.73-75.

19. Манойлович М., Заспа Г.О. Оптимізація розпізнавання інформації з документів зі складною структурою в інформаційних web-системах. *Наука України – погляд молодих вчених крізь призму сучасності*: тези доп. II всеукр. наук.-практ. конф. з міжнар. участю (м.Черкаси, 26 вересня 2019 р.). Черкаси, 2019. С. 31-33.

20. Заспа Г.О., Аширова А.В., Кожем'якін О.С., Триус Ю.В. Моделювання та проектування інформаційно-аналітичної системи підтримки освітньої діяльності університету. *Інформаційні технології в освіті, науці і техніці*: тези доп. V міжнар. наук.-практ. конф. (м.Черкаси, 21-23 травня 2020 р.). Черкаси, 2020. С. 154-156.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

21. Куріцин Б.О., Заспа Г.О., Чередниченко О.В. Автоматизована інформаційна система ЧІТІ. *Вісник ЧІТІ*. 1998. №2. С.86-90.

АНОТАЦІЯ

Заспа Г.О. Концентрична інформаційна технологія організації цифрової трансформації освітньої діяльності закладів вищої освіти. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 «Інформаційні технології». – Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, 2021.

У дисертації вирішено актуальну наукову задачу, яка полягає в розробці методів і моделей цифровізації закладів вищої освіти на основі об'єднання всіх функцій, процедур і інформаційних баз в єдину концентричну інформаційну технологію цифрової трансформації освітньої діяльності закладів вищої освіти (ЗВО).

Розроблено: концепцію концентричної інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО; концентричну модель інформаційної технології цифрової трансформації ЗВО; метод управління інформацією ЗВО. Удосконалено модель міжшарової взаємодії в концентричній інформаційній технології. Отримав подальший розвиток метод формування інформаційної технології вирішення функціональних задач ЗВО.

Запропоновану концентричну інформаційну технологію було використано при створенні інформаційно-аналітичної системи підтримки освітньої діяльності, яка може використовуватись ЗВО. Результати роботи впроваджені в Черкаському державному технологічному університеті.

Ключові слова: цифровізація; цифрова трансформація; заклади вищої освіти; концентрична інформаційна технологія; управління інформацією; інформаційно-аналітична система.

АННОТАЦИЯ

Заспа Г.А. Концентрическая информационная технология организации цифровой трансформации образовательной деятельности высших учебных заведений. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 «Информационные технологии». – Черкасский государственный технологический университет, Черкасы, 2021.

В диссертации решено актуальную научную задачу, которая заключается в разработке методов и моделей цифровизации высших учебных заведений на основе объединения всех функций, процедур и информационных баз в единую концентрическую информационную технологию цифровой трансформации образовательной деятельности высших учебных заведений (ВУЗ).

Разработаны: концепция концентрической информационной технологии цифровой трансформации ВУЗ; концентрическую модель информационной технологии цифровой трансформации ВУЗ; метод управления информацией ВУЗ. Усовершенствована модель межслойного взаимодействия в концентрической информационной технологии. Получил дальнейшее развитие метод формирования информационной технологии решения функциональных задач ВУЗ.

Предложенную концентрическую информационную технологию было использовано при создании информационно-аналитической системы поддержки образовательной деятельности, которая может использоваться в ВУЗ. Результаты работы внедрены в Черкасском государственном технологическом университете.

Ключевые слова: цифровизация; цифровая трансформация; высшие учебные заведения; концентрическая информационная технология; управления информацией; информационно-аналитическая система.

SUMMARY

Zaspa H.O. Concentric information technology of organization of digital transformation of higher education institutions educational activity. – Manuscript.

Dissertation for obtaining the scientific degree of the candidate of technical sciences in the specialty 05.13.06 "Information technologies". – Cherkasy State Technological University, Cherkasy, 2021.

The dissertation solves a scientific problem, which consists in the development of methods and models of higher education institutions (HEI) digitalization on the basis of combining all functions, procedures and information bases into a single concentric information technology of educational activities digital transformation.

The history and trends of digital transformation principles implementation in Ukraine and in the world are investigated. It is noted that in recent years, digital transformation in Ukraine has appeared among the priorities of public policy, as evidenced by the creation of the Ministry of Digital Transformation.

Analysis of the implementation of information systems in enterprises and organizations showed that it usually occurs gradually and in fragments, so the typical scheme of informatization is the use of several systems developed at different time on different platforms in accordance with different understandings of the subject area. That is, there are separate technological "islands", often unrelated, in which there may be a lot of duplication of data and duplication of procedures for working with data. When there are several separate information systems (IS) at the enterprise or institution or when purchasing a third-party system, the issue of these systems integration arises, which is a costly part of information systems development and implementation.

The issue of digitalization of education is studied. It is noted that digitalization is a mandatory and priority part of education reform and in the last decade the focus of informatization has shifted from automation to the transformation paradigm. It is determined that there is a lack of a unified systematic approach to university digitalization.

The purpose of the dissertation is formulated: to increase the efficiency of educational activities by creating and using concentric information technology of educational activities digital transformation, which will integrate all information bases,

methods and tools of higher education institution functional problems solving into a single digital space.

The concept of concentric information technology of HEI digital transformation is developed, which includes five-layer structure of this technology, concepts and principles of its construction, technological classification of digital space filling, which creates scientific and methodical basis for construction of concentric information technology of higher education institutions digital transformation models and methods.

A multi-layered model of information technology of HEI digital transformation has been developed, which allows to integrate methods and tools of information management in order to create a single digital space of HEI educational activities.

A method of higher education institutions information management has been developed, based on the allocation of standard tools for forming the HEI information environment, which allows to create universal tools for digitalization of educational activities, independent of the composition and specifics of functional tasks.

The model of interlayer interaction in concentric information technology of HEI digital transformation is improved, which defines necessary changes in technology of information processing in one layer, at changes in information technology of another layer that allows to react flexibly to development of HEI educational environment to meet information needs of higher education institutions.

The method of forming the information technology for solving higher education institutions functional problems was further developed, which differs from others by using the information base of the information management system, which minimizes the cost of solving functional problems of HEI digital transformation.

The proposed multi-layered information technology of educational activities digital transformation was used in the creation of information-analytical system of educational activities support, which can be used by higher education institutions. Within the framework of this system the following were developed: databases structures that make up the information base layers; algorithms and software for implementing information management technology layer, information technology for solving HEI functional problems layer and technology for supporting HEI activities layer.

The results of the work are implemented at Cherkasy State Technological University.

Keywords: digitalization; digital transformation; higher education institutions; concentric information technology; information management; information and analytical system.